

ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA
AGRÀRIA DE LLEIDA

PROJECTE FINAL DE CARRERA

Orientació: Producció Vegetal

**“ESTUDI AGRONÒMIC SOBRE L’ESTÈVIA
(*Stevia rebaudiana* Bertoni)”**

Director: Dr. José Ramón Olarieta Alberdi
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Agrària de Lleida

Alumne: Carles Esquerda Serrano

Lleida, Juliol de 2012

RESUM

Aquest projecte fi de carrera consisteix en l'estudi de diversos aspectes agronòmics de la planta de nom botànic *Stevia rebaudiana* Bertoni, coneguda comunament com estèvia i que en el darrers anys s'ha popularitzat en nombrosos països amb motiu de la seva utilització com a edulcorant natural.

En una primera part d'aquest estudi s'analitzen les principals característiques de la planta tant a nivell botànic com agronòmic partint d'experiències i estudis realitzats en altres indrets del món. En aquest sentit, s'ha intentat recollir la informació més rellevant que hi ha actualment en la bibliografia especialitzada. Igualment, s'exposen diversos punts pel que fa a l'ús, la comercialització i la situació legal dels productes de l'estèvia que actualment existeixen al mercat.

En la part experimental, s'han realitzat assajos a la zona de l'horta de Balaguer pel que fa a aspectes relatius a la possible introducció de l'estèvia com a conreu a les terres de Lleida. En un dels assajos, s'ha estudiat la seva adaptació als hiverns per tal de considerar si l'estèvia pot constituir un cultiu plurianual en les nostres condicions agroclimàtiques. Igualment, s'han assajat algunes pràctiques agronòmiques pel que fa a la multiplicació vegetativa de l'estèvia. Finalment, s'ha fet un seguiment de les produccions obtingudes a partir d'una població conreada en condicions de cultiu protegit sota hivernacle de plàstic.

Els resultats obtinguts assenyalen que si bé l'estèvia és sensible a les condicions agroambientals dels hiverns de la zona considerada, hi ha algunes pràctiques agronòmiques que poden reduir l'impacte de les baixes temperatures sobre les plantes. En l'aspecte de la multiplicació vegetativa, s'han obtingut resultats que confirmen que la multiplicació per esqueix herbaci no precisa de la utilització d'un producte arrelant i que la metodologia d'arrelament amb el sistema de "cambra humida" tal com recomana el Ministeri d'Agricultura del Paraguai millora el percentatge d'arrelament de forma significativa.

Es conclou a partir d'aquest estudi que la planta *Stevia rebaudiana* pot constituir en principi una opció de conreu a considerar per part del productor especialitzat en horticòles. Pel que fa a la recerca i la millora en relació a aquest cultiu, seria interessant efectuar una selecció varietal a partir del material vegetal de què es disposa actualment, incidint en aspectes com la resistència a les gelades i la homogeneïtat morfològica i fenològica, entre d'altres.

ÍNDIX GENERAL

1. INTRODUCCIÓ I ANTECEDENTS	1
1.1. Motivació	1
1.2. Importància i usos de l'estèvia	2
1.2.1. Singularitat de l'estèvia	2
1.2.2. Components presents a l'estèvia i característiques	3
1.2.3. Propietats edulcorants	6
1.2.4. Propietats medicinals	7
1.2.5. Altres aplicacions de l'estèvia	9
1.2.5.1. Aplicacions en salut i medi ambient	10
1.2.5.2. Aplicacions en agronomia	10
1.2.6. L'estèvia com edulcorant: context històric i legislació	11
1.2.6.1. Evolució en el mercat dels edulcorants i tendències de futur	11
1.2.6.2. Legislació actual i perspectives dels edulcorants d'estèvia	13
1.3. Botànica de l'espècie <i>Stevia rebaudiana</i>	16
1.3.1. El gènere <i>Stevia</i>	16
1.3.2. Taxonomia de l'espècie <i>Stevia rebaudiana</i>	16
1.3.3. Descripció de l'espècie <i>Stevia rebaudiana</i>	18
1.3.4. Distribució geogràfica i hàbitat natural	22
1.4. El cultiu de l'estèvia	25
1.4.1. Breu visió històrica i situació actual	25
1.4.2. Característiques agronòmiques de l'estèvia	26
1.4.2.1. Requeriments i trets fonamentals	26
1.4.2.1.1. Fotoperíode	27
1.4.2.1.2. Radiació	28
1.4.2.1.3. Temperatura	28
1.4.2.1.4. Tipus de sòl	30
1.4.2.1.5. Humitat del sòl	30
1.4.2.1.6. Resistència al vent	31
1.4.2.2. Multiplicació de l'estèvia	32
1.4.2.2.1. Multiplicació sexual o per llavor	32
1.4.2.2.2. Multiplicació asexual o vegetativa	32
1.4.2.3. Varietats	33
1.4.2.3.1. Varietat Criolla o nativa	33

1.4.2.3.2.	Varietat Eireté	34
1.4.2.3.3.	Varietat Morita	34
1.4.3.	Cicle de cultiu	35
1.4.3.1.	Producció de planter a partir de llavor	35
1.4.3.1.1.	Germinació de la llavor	35
1.4.3.1.2.	Sembra i producció de planter	36
1.4.3.1.3.	Plagues i malalties del planter	37
1.4.3.2.	Producció de planter per reproducció vegetativa ..	38
1.4.3.2.1.	Producció de planter d'estèvia a Pàmies Hortícoles	39
1.4.3.3.	Trasplantament i implantació del cultiu	43
1.4.3.4.	Producció de fulla	45
1.4.3.4.1.	Creixement vegetatiu i nombre de segues ...	45
1.4.3.4.2.	Rendiment	46
1.4.3.4.3.	Post-collita: assecatge i conservació	47
1.4.3.5.	Floració i producció de llavor	49
1.4.4.	Maneig agronòmic del cultiu	49
1.4.4.1.	Fertilització	50
1.4.4.2.	Reg	51
1.4.4.3.	Control de plagues i malalties	52
1.4.4.4.	Control d'adventícies	54
1.4.4.5.	Cultius associats	55
1.5.	Marc legal, promoció i comercialització	56
1.5.1.	Marc legal de l'estèvia	56
1.5.2.	Organitzacions pel foment i la promoció de l'estèvia	57
1.5.2.1.	European Stevia Association (EUSTAS)	57
1.5.2.2.	World Stevia Association (WSO)	58
1.5.2.3.	International Stevia Council	59
1.5.2.4.	Global Stevia Institute	59
1.5.3.	Productes de l'estèvia	60
1.5.3.1.	Fulla seca	60
1.5.3.2.	Extractes en pols	62
1.5.3.3.	Altres productes elaborats	63
2.	OBJECTIUS	65
3.	MATERIALS I MÈTODES	66
3.1.	Condicions experimentals	66

3.1.1.	Localització dels assajos	66
3.1.2.	Característiques climàtiques	67
3.1.2.1.	Classificació climàtica	68
3.1.2.2.	Règim de temperatures	68
3.1.2.2.1.	Temperatures mitjanes	68
3.1.2.2.2.	Temperatures absolutes	70
3.1.2.3.	Règim d'humitat	72
3.1.2.4.	Temperatures enregistrades durant l'assaig	75
3.1.3.	Característiques edàfiques	76
3.1.4.	Sistema de reg i qualitat de l'aigua	79
3.1.5.	Instal·lacions i equipament	80
3.1.6.	Material vegetal	82
3.1.7.	Justificació dels assajos	83
3.1.8.	Disseny experimental de l'assaig sobre resistència al fred	83
3.1.8.1.	Objectiu de l'assaig i tractaments	83
3.1.8.2.	Parcel·les experimentals i disseny de la plantació ..	84
3.1.8.3.	Variables mesurades	88
3.1.9.	Estimació de la supervivència hivernal en camp obert	92
3.1.9.1.	Objectiu de l'experiència	92
3.1.9.2.	Dades de les plantacions	92
3.1.9.3.	Observacions efectuades	94
3.1.10.	Disseny de l'assaig sobre multiplicació vegetativa	99
3.1.10.1.	Objectiu de l'assaig i tractaments	99
3.1.10.2.	Material emprat i disseny de l'assaig	99
3.1.11.	Estimació de paràmetres de cultiu sota hivernacle	106
3.1.11.1.	Objectius	106
3.1.11.2.	Materials i mètodes emprats	106
3.2.	Variables mesurades	110
3.2.1.1.	Supervivència a les baixes temperatures	110
3.2.1.1.1.	Parcel·les d'assaig	110
3.2.1.1.2.	Parcel·les en camp obert	110
3.2.1.2.	Arrelament d'esqueixos	110
3.2.1.3.	Determinacions del cultiu sota hivernacle	110
3.2.3.1.	Alçada de les plantes	110
3.2.3.2.	Biomassa	110
3.2.3.3.	Rendiment en planta seca	111
3.2.3.4.	Radiació fotosintètica activa interceptada pel cultiu (PAR)	112

4.	RESULTATS I DISCUSSIÓ	115
4.1.	Supervivència a les temperatures baixes	115
4.1.1	Parcel·les d'assaig amb tres tractaments	115
4.1.1.1.	Afectació i danys observats	115
4.1.1.2.	Evolució de les plantes rebrotades	122
4.1.1.3.	Anàlisi dels resultats de supervivència	123
4.1.2.	Parcel·les en camp obert	124
4.1.2.1.	Anàlisi de les diferències entre tipus de protecció	124
4.1.2.2.	Anàlisi entre parcel·les protegides amb plàstic	125
4.2.	Arrelament i qualitat dels esqueixos	127
4.2.1.	Observacions realitzades durant els assajos	128
4.2.2.	Anàlisi dels resultats d'arrelament i viabilitat d'esqueixos	136
4.2.2.1.	Safata d'alvèols	136
4.2.2.2.	Caixes d'arrelament	138
4.3.	Determinacions del cultiu sota hivernacle	143
4.3.1.	Radiació PAR i alçada del cultiu	143
4.3.1.1.	Parcel·la A	143
4.3.1.2.	Parcel·la B	147
4.3.1.3.	Parcel·la C	150
4.3.1.4.	Anàlisi dels resultats	153
4.3.2.	Produccions	154
4.3.2.1.	Parcel·la A	155
4.3.2.2.	Parcel·la B	156
4.3.2.3.	Parcel·la C	158
4.3.2.4.	Anàlisi dels resultats	159
5.	CONCLUSIONS	164
5.1.	Resistència al fred	164
5.2.	Arrelament d'esqueixos	165
5.3.	Determinacions de cultiu sota hivernacle	165
6.	BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	167

ANNEXES

ÍNDIX D'IMATGES

Imatge 1.1.- Plantes de l'espècie <i>Stevia rebaudiana</i> en conreu a l'aire lliure a l'horta de Balaguer a la comarca de La Noguera	2
Imatge 1.2.- Estructura molecular de l'esteviòsid	5
Imatge 1.3.- Diverses mostres d'edulcorants derivats de l'estèvia	7
Imatge 1.4.- Estèvia seca envasada per a la venda com a planta medicinal per a ús en infusions	9
Imatge 1.5.- Foto del Dr. Moisès Santiago Bertoni amb la seva esposa Eugènia Rosseti	17
Imatge 1.6.- Detall del sistema radicular on es poden observar les arrels filiformes en una planta d'estèvia cultivada a l'exterior en terreny franc-llimós durant la temporada 2008-2009	18
Imatge 1.7.- Rebrot a la primavera d'una planta conreada a l'exterior	19
Imatge 1.8.- Plantes d'estèvia de la varietat "Criolla" cultivades sota hivernacle	19
Imatge 1.9.- Imatge de fulles procedents de plantes cultivades en hivernacle i pertanyents a la mateixa població de la varietat "Criolla"	20
Imatge 1.10.- Plantació d'estèvia a l'aire lliure, on es pot observar la variabilitat en la forma i la grandària de les fulles entre les diferents plantes de la varietat "Criolla" autòctona del Paraguai	21
Imatge 1.11.- Inflorescències d'estèvia	21
Imatge 1.12.- Inflorescències seques amb els aquenís i els vil·lans visibles	22
Imatge 1.13.- Mapa que mostra la zona de distribució natural de l'espècie <i>Stevia rebaudiana</i>	23
Imatge 1.14.- Bancals d'estèvia a Pàmies Hortícoles, una explotació dedicada al cultiu d'enciam i hortalisses de fulla a Balaguer, La Noguera	25

Imatge 1.15.- Bancals d'estèvia a Balaguer, en règim de producció perenne amb repòs hivernal	30
Imatge 1.16.- Cultiu d'estèvia sota hivernacle amb reg localitzat per degoteig	31
Imatge 1.17.- Sembra d'estèvia en caixes on el percentatge de germinació ha estat molt baix	36
Imatge 1.18.- Danys produïts per mol·luscs (cargols i llimacs) en planter d'estèvia ..	38
Imatge 1.19.- Obtenció de noves plantes a partir de divisió de la corona durant la primavera	40
Imatge 1.20.- Trasplantament dels brots amb arrel als contenidors per tal d'obtenir noves plantes d'estèvia per a la comercialització	40
Imatge 1.21.- Obtenció d'esqueixos de tija a partir de una planta mare: tall d'un brot vigorós des de la base	41
Imatge 1.22.- Tija prèviament tallada que s'ha dividit per donar diversos esqueixos ..	41
Imatge 1.23.- Plantació dels esqueixos en torba prèviament regada fins a punt de saturació	42
Imatge 1.24.- Esqueixos ja arrelats que constitueixen noves plantes fruit de la multiplicació vegetativa	42
Imatge 1.25.- Trasplantament d'estèvia amb plantadora d'hortícoles.....	44
Imatge 1.26.- Brots laterals emesos a partir dels nusos per sota del punt de tall en una planta d'estèvia cultivada a l'exterior i segada a finals de juliol.....	45
Imatge 1.27.- Assecatge de plantes d'estèvia sobre tela de malla, dins l'hivernacle, a mitjans del mes d'octubre	48
Imatge 1.28.- Assecatge de plantes d'estèvia sobre safates de malla metàl·lica en un assecador solar	48
Imatge 1.29.- Cultiu d'estèvia a l'exterior amb reg per aspersió	52

Imatge 1.30.- Alguns productes derivats de l'estèvia que es comercialitzen a l'UE actualment: comprimits edulcorants, pasta dentífrica, extracte cru i extracte refinat en pols.....	60
Imatge 1.31.- Fulla d'estèvia seca procedent del Paraguai mitjançant un importador alemany i comercialitzada a granel en capsas de 15 kg	61
Imatge 1.32.- Els tres productes bàsics derivats de l'estèvia: fulla seca per infusió, extracte cru en pols i extracte refinat cristal·lí	63
Imatge 3.1.- Plànol de situació de l'explotació agrària Pàmies Hortícoles SL, ubicada al sud del casc urbà de Balaguer, entre la C-12 i el riu Segre	67
Imatge 3.2.- Taules o bancals en preparació dins l'hivernacle, abans d'estendre-hi la perlita	78
Imatge 3.3.- Detall de la perlita en un dels bancals	78
Imatge 3.4.- Vista de la nau principal de l'explotació agrària Pàmies Hortícoles	80
Imatge 3.5.- Interior de l'hivernacle multi-túnel	81
Imatge 3.6.- Preparació de les taules per a la plantació d'hortalisses per mitjà de rodets metàl·lics abancaladors	81
Imatge 3.7.- Planter d'estèvia en contenidor de 10 cm, preparat per a ser ubicat a la parcel·la de l'assaig de resistència a les baixes temperatures	82
Imatge 3.8.- Instal·lació manual de plàstic negre microperforat al bancal d'assaig	84
Imatge 3.9.- Vista del bancal d'assaig abans de la preparació del sòl	85
Imatge 3.10.- Taules ja preparades amb rodets abancaladors per a la plantació	85
Imatge 3.11.- Esquema de la disposició dels diferents tractaments en l'assaig de resistència a les baixes temperatures	86
Imatge 3.12.- Esquema de plantació amb la separació entre rengs	86

Imatge 3.13.- Mesurament per tal de comprovar el cabal dels degoters	87
Imatge 3.14.- Bancal d'assaig amb les 252 plantes d'estèvia i el reg ja en funcionament poc després de trasplantar-les, el dia 7.08.08.	88
Imatge 3.15.- Tractament amb palla sobre el sòl a fi de protegir el coll i les arrels de les plantes d'estèvia	89
Imatge 3.16.- Ubicació del termòmetre de màxima i mínima en el lloc de l'assaig	89
Imatge 3.17.- Vista general de l'assaig amb les parcel·les 2, 4 i 7 protegides per manta tèrmica	90
Imatges 3.18.- Vista de l'assaig el dia 27.01.09 amb els danys ocasionats pel vent de mestral (NO) sobre la manta tèrmica	90
Imatge 3.19.- Detall de la manta nova un cop col·locada, el dia 1.02.09	90
Imatge 3.20.- Detall del sistema radicular desenvolupat durant els 10 mesos en què les plantes van estar a l'exterior	91
Imatge 3.21.- Bancals d'estèvia en camp obert en els quals es va dur a terme el seguiment de la supervivència hivernal (parcel·la A)	93
Imatge 3.22.- Bancal d'estèvia on es va assajar una protecció amb material vegetal (canyot de panís) durant l'hivern (parcel·la B)	94
Imatge 3.23.- Bancals d'estèvia corresponents a la parcel·la A el dia 16.11.09, pocs dies abans de les primeres gelades	95
Imatge 3.24.- Bancals de la parcel·la A el dia 28.01.10, després d'haver sofert les gelades més fortes de l'hivern que van arribar a -9,4°C	95
Imatge 3.25.- Parcel·la B el dia 16.11.09 després de la darrera sega, poc abans de les primeres gelades	96
Imatge 3.26.- Parcel·la B pocs dies després amb la protecció de canyot de panís. S'observa el plàstic que hi ha entre el canyot i la superfície del bancal	96
Imatge 3.27.- Bancals de la parcel·la A, el dia 28.04.10 a l'hora del recompte	

de les plantes que havien sobreviscut les gelades de l'hivern	97
Imatge 3.28.- Planta d'estèvia amb rebrots el dia 31.03.10 en què es va retirar la protecció de la parcel·la B	97
Imatge 3.29.- Bancal de la parcel·la B amb les plantes que van sobreviure l'hivern, en una foto presa durant el mes de maig de 2010	98
Imatge 3.30.- Safates emprades per a l'assaig d'arrelament, ja preparades amb torba i regades	100
Imatge 3.31.-.Esqueix d'estèvia amb fito-regulador abans d'ésser plantat	101
Imatge 3.32.- Esquema amb la disposició dels tractaments dins cada caixa	101
Imatge 3.33.- Caixes amb els esqueixos ja plantats	102
Imatge 3.34.- Esquema de la disposició dels tractaments dins la safata d'alvèols....	102
Imatge 3.35.- Safata d'alvèols amb els esqueixos ja plantats	103
Imatge 3.36.- Safates amb el tractament de cambra humida	104
Imatge 3.37.- Caixes i safata que tindran el règim hídric del reg per aspersió	104
Imatge 3.38.- Vista general de totes les caixes i de la safata un cop cobertes amb la malla blava protectora	105
Imatge 3.39.- Vista de les caixes de cambra humida on es pot veure el termòmetre de màxima i mínima amb la sonda dins la cambra	105
Imatge 3.40.- Esquema amb la disposició del bancals dins l'hivernacle	107
Imatge 3.41.- Vista dels bancals A, B i C on s'hi ha delimitat les parcel·les amb arcs de polietilè	108
Imatge 3.42.- Sega manual d'una parcel·la experimental dins l'hivernacle.....	111
Imatge 3.43.- Estèvia acabada de segar i estesa sobre lona de malla	

sintètica per al seu assecatge	111
Imatge 3.44.- Productes finals després de l'assecatge: fulla seca i tiges	112
Imatge 3.45.- Presa de lectures de PAR amb el ceptòmetre en una parcel·la experimental dins l'hivernacle	114
Imatge 4.1.- Plantes d'estèvia el dia 22.11.08, després de produir-se gelades febles durant les quals es van assolir temperatures mínimes fins a -1,8 °C	115
Imatge 4.2 .- Plantes afectades per les gelades de finals de novembre de 2008. quan es van assolir gelades de -5°C	116
Imatge 4.3.- Detall de la tija principal d'una planta d'estèvia amb l'epidermis trencada a causa de les gelades de finals de novembre de 2008	116
Imatge 4.4.- Detall de l'epidermis de les tiges després de gelades de -5°C	117
Imatge 4.5.- Danys a l'epidermis de la tija en una planta protegida amb manta tèrmica durant les gelades de gener de 2009	118
Imatge 4.6.- Planta d'estèvia amb nous brots a nivell del coll de la planta	118
Imatge 4.7.- Detall dels brots incipients un cop descoberta la capa superficial del sòl, on s'aprecia que el seu creixement s'inicia a la zona de la corona	119
Imatge 4.8.- Vista general de les parcel·les de l'assaig de supervivència	119
Imatge 4.9.- Rebrot en el tractament amb sòl nu, en data 10.04.09	120
Imatge 4.10.- Rebrot en el tractament de sòl cobert amb palla en data 25.04.09	120
Imatge 4.11.- Planta amb rebrots vigorosos i que presenta el sistema radicular en bon estat i amb un volum d'arrels mitjà	121
Imatge 4.12.- Planta que no va sobreviure l'hivern, tot i presentar un sistema radicular similar en desenvolupament	121
Imatge 4.13.- Plantes d'estèvia amb el coll lleugerament per sobre del	

nivell del sòl, en una de les parcel·les de l'assaig de supervivència	126
Imatge 4.14.- Plantes d'estèvia amb el coll de la planta per sota del nivell del sòl i del plàstic, a la parcel·la A en camp obert	127
Imatge 4.15.- Safata d'alvèols amb símptomes de marciment en data 2.05.09, una setmana després de plantar els esqueixos	128
Imatge 4.16.- Caixes regades per aspersió, el dia 2.05.09, on s'hi veuen també alguns símptomes de marciment	128
Imatge 4.17.- Nous brots a partir dels nusos axil·lars en els esqueixos de la safata d'alvèols, el dia 9.05.09, dos setmanes després de plantar els esqueixos	129
Imatge 4.18.- Foto presa el 9.05.09, on s'aprecia que els esqueixos sense arrelant de la cambra humida ja arribaven al plàstic protector	129
Imatge 4.19.- Detall d'esqueixos amb símptomes de necrosi en el tractament amb arrelant	130
Imatge 4.20.- Vista de la safata d'alvèols on s'hi pot observar que la meitat que no ha rebut arrelant presenta un creixement més vigorós.....	130
Imatge 4.21.- Vista de les caixes de cambra humida un cop retirat el plàstic protector, on els esqueixos sense arrelant presenten una major alçada	131
Imatge 4.22.- Vista de la safata d'alvèols on es veu que els esqueixos amb arrelant presenten un retard en el creixement	131
Imatge 4.23.- Esqueix procedent de la cambra humida, tractat amb producte arrelant, i amb un volum d'arrels considerable en relació al creixement vegetatiu	132
Imatge 4.24.- Esqueix procedent de la cambra humida, tractat amb producte arrelant, i amb algunes arrels de fins a 14 cm de llargària	132
Imatge 4.25.- Esqueix procedent de la cambra humida, i que no ha estat tractat amb producte arrelant	133

Imatge 4.26.- Esqueix amb nous brots visibles però amb desenvolupament radicular nul o no apreciable, procedent del tractament sense producte arrelant.....	133
Imatge 4.27.- Esqueixos procedents de la safata d'alvèols en el moment de fer el recompte	134
Imatge 4.28.- Vista dels 70 testos amb els esqueixos trasplantats des de la safata d'alvèols	134
Imatge 4.29.- Vista dels 116 testos amb els esqueixos trasplantats des de les caixes de cambra humida	135
Imatge 4.30.- Vista dels esqueixos un cop trasplantats en el moment de regar mitjançant la barra d'aspersió	135

ÍNDIX DE TAULES

Taula 1.1.- Extraccions de macronutrients (kg) per tona de producció de fulla seca d'estèvia	50
Taula 1.2.- Extraccions de micronutrients (g) per tona de producció de fulla seca d'estèvia	51
Taula 3.1.- Temperatures mitjanes, en °C, a l'estació de Vallfogona de Balaguer; sèrie de 19 anys (1991- 2009)	69
Taula 3.2.- Temperatures mínimes absolutes, en °C, i nombre de dies mensuals de gelada a l'estació de Vallfogona de Balaguer; sèrie de 19 anys (1991- 2009).....	70
Taula 3.3.- Temperatures màximes absolutes, en °C, a l'estació de Vallfogona de Balaguer; sèrie de 19 anys (1991- 2009)	71
Taula 3.4.- Valors de pluja, evapotranspiració i dèficit hídric, en mm, a l'estació de Vallfogona de Balaguer; sèrie de 19 anys (1991- 2009)	72
Taula 3.5.- Resultat de l'anàlisi de sòl corresponent al bancal de l'assaig de supervivència amb tres tractaments	77
Taula 3.6.- Resultat de l'anàlisi de l'aigua de reg de l'explotació	79
Taula 4.1.- Evolució en el temps del nombre de plantes que havien rebrotat visiblement en cada una de les dates assenyalades	122
Taula 4.2.- Quadre de separació de mitjanes per a cada tractament amb la seva significació, per a l'assaig de supervivència	123
Taula 4.3.- Quadre amb les dades de l'anàlisi estadístic corresponent a l'assaig de supervivència on la variable depenent és el nombre de plantes vives	123
Taula 4.4.- Quadre de separació de mitjanes corresponent a les parcel·les A i B en camp obert	124
Taula 4.5.- Quadre amb les dades de l'anàlisi estadístic per a les parcel·les en camp obert	124
Taula 4.6.- Quadre de separació de mitjanes per a cada tractament amb la seva significació	125

Taula 4.7.- Quadre amb les dades de l'anàlisi estadístic per a les parcel·les protegides amb plàstic	126
Taula 4.8.- Dades corresponents a l'assaig d'arrelament d'esqueixos en la safata ..	136
Taula 4.9.- Percentatges d'arrelament i de viabilitat d'esqueixos a l'assaig en safata d'alvèols	137
Taula 4.10.- Dades corresponents al mostreig d'alçades de plantes viables	138
Taula 4.11.- Separació de mitjanes corresponent a alçades de plantes viables	138
Taula 4.12.- Quadre de mitjanes i desviacions per a les caixes d'esqueixos	139
Taula 4.13.- Quadre amb les dades de l'anàlisi estadístic corresponent a l'assaig d'arrelament on la variable depenent és el nombre d'esqueixos arrelats	139
Taula 4.14.- Quadre amb les dades de l'anàlisi estadístic corresponent a l'assaig d'arrelament on la variable depenent és el nombre de plantes viables	140
Taula 4.15.- Quadre amb les dades de l'anàlisi estadístic corresponent a l'assaig d'arrelament on la variable depenent és l'alçada de les plantes viables	140
Taula 4.16.- Quadre amb les dades de l'anàlisi estadístic corresponent a l'assaig d'arrelament amb la significació del model pel que fa a l'alçada de les plantes	140
Taula 4.17.- Separació de mitjanes corresponent a les alçades de plantes viables en les caixes d'arrelament	141
Taula 4.18.- Valors d'arrelament i de viabilitat d'esqueixos en cambra humida	141
Taula 4.19.- Valors d'arrelament i de viabilitat d'esqueixos en caixes regades per aspersió	142
Taula 4.20.- Valors setmanals de: radiació sobre el cultiu i dins el cultiu, radiació interceptada (valors absoluts i % sobre PAR total) i alçada mitjana de les plantes (parcel·la A)	144

Taula 4.21.- Valors setmanals de: radiació sobre el cultiu i dins el cultiu, radiació interceptada (valors absoluts i % sobre PAR total) i alçada mitjana de les plantes (parcel·la B)	147
Taula 4.22.- Valors setmanals de: radiació sobre el cultiu i dins el cultiu, radiació interceptada (valors absoluts i % sobre PAR total) i alçada mitjana de les plantes (parcel·la C)	150
Taula 4.23.- Valors de % de PAR interceptada i d'alçada del cultiu en el moment previ a la sega per a cada una de les dates en què es va mesurar amb el ceptòmetre (parcel·la A)	153
Taula 4.24.- Valors de % de PAR interceptada i d'alçada del cultiu en el moment previ a la sega per a cada una de les dates en què es va mesurar amb el ceptòmetre (parcel·la B)	153
Taula 4.25.- Valors de % de PAR interceptada i d'alçada del cultiu en el moment previ a la sega per a cada una de les dates en què es va mesurar amb el ceptòmetre (parcel·la C)	154
Taula 4.26.- Valor de les produccions: biomassa verda i matèria seca (parcel·la A)	155
Taula 4.27.- Valor de les produccions: biomassa verda i matèria seca (parcel·la B)	156
Taula 4.28.- Valor de les produccions: biomassa verda i matèria seca (parcel·la C)	158
Taula 4.29.- Produccions totals de l'any 2009 per a cada parcel·la experimental, en grams	160
Taula 4.30.- Rendiments totals obtinguts l'any 2009, expressats en kg per hectàrea coberta d'hivernacle, i per a cada parcel·la	160

ÍNDIX DE GRÀFIQUES

Gràfica 3.1.- Temperatures mitjanes a l'estació de Vallfogona de Balaguer (1991-2009)	69
Gràfica 3.2.- Distribució mensual de la pluviometria a l'estació de Vallfogona de Balaguer en un any mig, sèrie de 19 anys (1991-2009)	73
Gràfica 3.3.- Valors mensuals de l'evapotranspiració a l'estació de Vallfogona de Balaguer en un any mig, sèrie de 19 anys (1991-2009)	74
Gràfica 3.4.- Balanç hídric l'estació de Vallfogona de Balaguer en un any mig, sèrie de 19 anys (1991-2009)	74
Gràfica 3.5.- Diagrama de dispersió corresponent als valors de les temperatures mínimes de l'estació de Vallfogona de Balaguer i de la parcel·la de l'assaig a partir de dades enregistrades durant l'hivern 2008-09	76
Gràfica 4.1.- Relació entre els valors setmanals de la radiació dins el cultiu i l'alçada mitjana de les plantes (parcel·la A)	145
Gràfica 4.2.- Relació entre els valors setmanals de la radiació interceptada i l'alçada mitjana de les plantes (parcel·la A)	145
Gràfica 4.3.- Relació entre els valors setmanals de percentatge de radiació interceptada i l'alçada mitjana de les plantes (parcel·la A)	146
Gràfica 4.4.- Relació entre els valors setmanals de la radiació dins el cultiu i l'alçada mitjana de les plantes (parcel·la B)	148
Gràfica 4.5.- Relació entre els valors setmanals de la radiació interceptada i l'alçada mitjana de les plantes (parcel·la B)	149
Gràfica 4.6.- Relació entre els valors setmanals de percentatge de radiació interceptada i l'alçada mitjana de les plantes (parcel·la B)	150
Gràfica 4.7.- Relació entre els valors setmanals de la radiació dins el cultiu i l'alçada mitja de les plantes (parcel·la C)	151

Gràfica 4.8.- Relació entre els valors setmanals de la radiació interceptada i l'alçada mitjana de les plantes (parcel·la C)	152
Gràfica 4.9 Relació entre els valors setmanals de percentatge de radiació interceptada i l'alçada mitjana de les plantes (parcel·la C)	152
Gràfica 4.10.- Produccions de cada sega: biomassa en verd i matèria seca (parcel·la A)	156
Gràfica 4.11.- Produccions de cada sega: biomassa en verd i matèria seca (parcel·la B)	157
Gràfica 4.12.- Produccions de cada sega: biomassa en verd i matèria seca (parcel·la C)	159
Gràfica 4.13.- Relació entre el nombre de segues anuals i el rendiment total en fulla seca per a cada parcel·la experimental	161

1. Introducció i antecedents

1.1. Motivació

L'agricultura del segle XXI a casa nostra s'enfronta a uns reptes molt concrets, entre els quals podem destacar la pèrdua del marge net rebut pel productor en aquells conreus tradicionals que són objecte de produccions extensives en altres països. Davant aquest fet, els productors amb explotacions familiars sovint de dimensions limitades tenen menys possibilitats de competir amb èxit en un mercat cada cop més obert i globalitzat.

Una de les opcions que tenen els nostres productors agraris és la diversificació de la producció mitjançant la introducció de cultius novells i també de tots aquells que puguin aportar un major valor afegit degut a característiques com la qualitat, la innovació o la proximitat al consumidor. Entre aquestes alternatives podem situar igualment aquells cultius que per les seves característiques requereixin un maneig intensiu i no admetin la mecanització de tot el procés productiu ja que d'aquesta forma es pot optimitzar la utilització de la mà d'obra familiar de les explotacions petites.

Un dels grups de cultius que cal considerar en l'estudi d'aquestes alternatives és el de les plantes medicinals i aromàtiques. Per una banda, les plantes amb propietats curatives o beneficioses gaudeixen d'una ampla acceptació per part d'un sector creixent de la societat ja que suposen una aportació important a un estil de vida saludable i més natural, alhora que constitueixen un element bàsic del coneixement tradicional i popular que cal conservar.

En aquest context és on podem situar l'espècie *Stevia rebaudiana*, coneguda com estèvia o herba dolça. Actualment, *S. rebaudiana* ha esdevingut una planta econòmicament important degut al seu doble ús com a edulcorant natural i com a planta medicinal. Tot i la destacada importància econòmica que té en diversos països d'Àsia i Amèrica, és encara bastant desconeguda a Europa tant a nivell de consumidor com a nivell de productor i de transformador.

No obstant aquest desconeixement, l'interès creixent que ha experimentat aquesta planta en els darrers anys a Catalunya i a tota Espanya justifiquen l'estudi en detall de les seves característiques com a cultiu potencial a casa nostra.

En aquest sentit, aquest projecte va encaminat a estudiar diversos aspectes de la producció de l'estèvia. Per una banda, es vol comprovar fins a quin punt el seu conreu es factible en les condicions agroambientals de les comarques de la plana de Lleida, i per altra, es vol aprofundir en el seu maneig com a cultiu protegit ja que ara per ara, sembla aquest l'únic sistema de producció rendible a la zona de Lleida.

Amb aquesta finalitat, s'analitzaran les experiències realitzades durant els anys 2008 - 2010 i s'establiran unes conclusions que permetin planificar futurs assajos i línies de recerca al voltant d'aquesta planta fins fa poc desconeguda per molts de nosaltres.

Per acabar, cal remarcar que és l'enginyer agrònom el principal responsable d'explorar la possibilitat de conreu de plantes poc conegudes amb la finalitat d'augmentar la diversificació de la producció i amb ella la viabilitat de les explotacions agràries.

1.2. Importància i usos de l'estèvia

1.2.1. Singularitat de l'estèvia

L'estèvia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) és sense cap mena de dubte una planta singular. Per una banda, es tracta d'un endemisme del Paraguai, en concret d'una zona reduïda d'aquell país, i a més, té la peculiaritat d'ésser una de les poques plantes conegudes que té les fulles amb un gust fortament dolç. La constatació d'aquest fet va ser amb tota probabilitat un descobriment botànic sorprenent que devia ocórrer fa segles en el si de les comunitats indígenes del Paraguai, però la comunitat científica se'n va assabentar fa poc més d'un segle per mitjà del botànic italo-suís Dr. Moisés Santiago Bertoni. Des d'aleshores i a causa d'aquestes característiques pel que fa al seu sabor, aquesta espècie nativa del Paraguai, coneguda pels indis guaranís amb el nom de *Ka'a He'e* (herba dolça) ha estat objecte de més d'un miler d'articles científics i de nombroses patents d'aplicació (Kinghorn, 2002).

A banda del seu gust dolç, l'estèvia posseeix un altre tret destacable: les seves propietats medicinals, entre les quals hi ha la regulació dels nivells de glucèmia a la sang i la regulació de la tensió arterial alta, dues de les patologies més esteses en la nostra societat occidental. No és estrany doncs, que els indis del Paraguai l'hagin utilitzat tradicionalment per endolcir la beguda coneguda com "mate" i com a planta medicinal per la diabetis.



Imatge 1.1 Plantes de l'espècie *Stevia rebaudiana* en conreu a l'aire lliure a l'horta de Balaguer a la comarca de La Noguera.

Com si encara no hi hagués prou motius per considerar l'estèvia una planta notable i digna d'estudi, cal afegir que el seu ús ha estat sovint envoltat de forta controvèrsia i

que actualment encara és motiu d'un intens debat en alguns països pel que fa a la seva completa autorització per al consum humà. Cal dir però, que a països com el Japó o Corea del Sud, els derivats de l'estèvia gaudeixen d'un ús privilegiat en la indústria alimentària des de fa diverses dècades.

1.2.2. Components presents a l'estèvia i característiques

L'espècie *Stevia rebaudiana* és una font natural de diversos components dolços qualificats com "no calòrics", fet que els atribueix un gran potencial d'ús en l'àmbit alimentari. L'interès en la seva utilització per part de la indústria dels edulcorants ha dut a que s'investiguessin detalladament els seus constituents fitoquímics, especialment per part de la indústria alimentària al Japó, país on els derivats de l'estèvia gaudeixen d'un ampli reconeixement com edulcorants naturals des de fa dècades.

Segons Kenelly (2002) i Geuns (2010), que són les fonts d'on s'ha extret la informació d'aquest apartat, s'han identificat fins ara més de 100 components dins l'estèvia. Els més importants són els diterpenoids, i més específicament els glicòsids *ent*-kaurè de sabor dolç. El fet que aquests glicòsids s'acumulin a les fulles de l'estèvia és un fet extraordinari ja que les fulles no solen ser òrgans de reserva de metabòlits secundaris. A més, *S. rebaudiana* és una anomalia dins el gènere *Stevia* ja que cap de les altres 230 espècies aproximadament, que componen el gènere, produeix constituents dolços en una concentració tan alta.

La determinació de l'estructura d'aquests constituents dolços no ha estat fàcil i va suposar un procés que es va allargar més de 50 anys en la literatura química. Des dels treballs inicials de Bertoni l'any 1905, diversos autors van anar obtenint de forma progressiva cadascun dels constituents fins que Mossetig *et al.* (1963) van arribar a la definició estructural del principal glicòsid present a l'estèvia: l'esteviòsid.

Químicament, els glicòsids són molècules amb un sucre lligat a un grup que no pertany als carbohidrats, normalment una molècula orgànica. En el cas dels glicòsids dolços de l'estèvia, l'esteviol és la part aglicona. Aquests glicòsids es formen per la substitució a l'aglicona, de l'hidrògen del grup carboxil per glucosa i per la substitució de l'hidrògen del grup hidroxil per glucosa o per combinacions de glucosa i ramnosa, segons el cas.

Els glicòsids presents a l'estèvia reben el nom genèric de glicòsids d'esteviol, tot i que l'esteviol no és la part glicòsida si no la part aglicona de tots aquests glicòsids. Químicament, l'esteviol és un alcohol carboxílic diterpenoidic. Els glicòsids de l'estèvia pertanyen al grup dels kaurens, que constitueixen un grup important de diterpens tetracíclics. El prefix *ent*- amb que els qualifiquen els diversos autors indica que es tracta de l'enantiòmer del kaurè.

Fins a la data, s'han trobat sis glicòsids *ent*-kaurè presents de forma natural a l'estèvia i que són els següents:

- Esteviòsid
- Rebaudiòsid A
- Rebaudiòsid C
- Rebaudiòsid D
- Rebaudiòsid E
- Dulcòsid A

Igualment, s'han obtingut dos nous components també de tipus ent-kaurè, però que no es poden considerar constituents naturals de l'estèvia ja que són produïts a partir dels processos d'extracció dels glicòsids principals. Aquests components són:

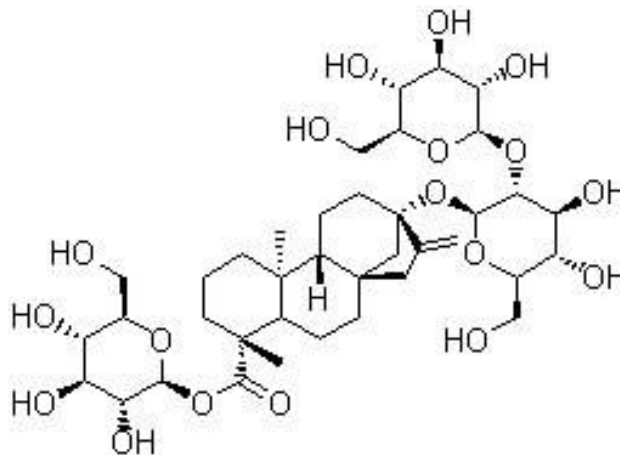
- Rebaudiòsid B (obtingut per hidròlisi del Rebaudiòsid A amb hesperidinas)
- Esteviolbìosid

De tots aquests vuit components, els més importants quantitativament són l'esteviòsid (Imatge 1.2) i el rebaudiòsid A. Tot i que els altres sis es troben en una proporció molt menor, es descriuen a continuació tots aquests glicòsids fent esment de les seves característiques principals:

- Esteviòsid: és el compost dolç més important de la planta *S. rebaudiana*, i s'ha comprovat que és unes 250 – 300 vegades més dolç que la sacarosa. El rendiment d'esteviòsid a partir de la fulla seca de *S. rebaudiana* pot variar molt, entre un 5 – 22 % del pes de les fulles seques, valor que depèn bàsicament del cultivar emprat i de les condicions de creixement de la planta. També s'ha trobat esteviòsid a les flors de *S. rebaudiana* en concentracions molt menors, al voltant d'un 0,9 % del seu pes.
- Rebaudiòsid A: és el més dolç dels glicòsids aïllats de *S. rebaudiana* fins a aquest moment, ja que és aproximadament unes 350 – 450 vegades més dolç que la sacarosa. És el segon glicòsid en contingut dins les fulles, amb rendiments de 25 – 54 % respecte al rendiment d'esteviòsid en fulla seca, és a dir, amb rendiments totals de l'ordre de l'1 – 12 %, ja que les dades varien molt segons autors . El rebaudiòsid A és de millor sabor i és més soluble en aigua que l'esteviòsid, fets aquests que el fan més interessant per a l'ús alimentari. També s'ha identificat el rebaudiòsid A a les flors de *S. rebaudiana* en petites concentracions, aproximadament un 0,15 % del pes.
- Rebaudiòsid B: es creu que es forma per hidròlisi parcial del rebaudiòsid A durant l'extracció, i és unes 300 – 350 vegades més dolç que la sacarosa. El seu rendiment es troba al voltant del 0,44 % en pes.
- Rebaudiòsids C, D i E: suposen aproximadament el 0,4 %, el 0,03 % i el 0,03 % respectivament del pes de les fulles, i per tant són considerats glicòsids menors per la seva poca importància quantitativa.
- Dulcòsid A: resulta de la substitució dels grups glucosil de l'esteviòsid per grups ramnosil, fet que suposa que el dulcòsid A sigui deu vegades menys dolç que l'esteviòsid. El contingut de dulcòsid A suposa un 0,03% del pes de les fulles.

- Esteviolbiosa: és de fet un producte de l'extracció i no un component natural, i el seu rendiment es situa al voltant del 0,04 % del pes de les fulles.

Cal remarcar que els glicòsids dolços s'han trobat tant a les fulles com a les tiges i les flors de *S. rebaudiana*, però no a les seves arrels.



Imatge 1.2 Estructura molecular de l'esteviòsid. La part central correspon a l'esteviòl, que és la part aglicona, on s'hi insereixen les molècules de glucosa. (Font: Wikipedia. Imatge de domini públic no subjecta a Copyright).

A banda dels glicòsids d'esteviòl, l'estèvia conté altres components que convé esmentar ja que, tot i no ser dolços, alguns d'ells contribueixen a les propietats terapèutiques de l'estèvia. D'aquests components, els més importants es poden agrupar de la següent forma:

- Labdans (diterpenoids): jhanol, austroinulina, diverses esterebines.
- Triterpenoids: acetat d'amyrina, palmitat de lupeol.
- Esterols: β -sitosterol, estigmasterol, campesterol.
- Flavonoids: apigenina, kampferol, luteolina, diverses quercetines, centaureidina, cosmosiina.
- Olis volàtils: nombrosos monoterpens, sesquiterpens, alcanols, aldehids, alcohols aromàtics.
- Altres fitoquímics: clorofil·les A i B, betacaroté, tanins, àcid tartàric, àcid cítric i àcid fòrmic.
- Components inorgànics: potassi, calci, ferro, magnesi, fòsfor, sodi i zinc.

1.2.3. Propietats edulcorants

Els glicòsids de l'estèvia tenen uns trets que els fan molt interessants per a la indústria alimentària ja que constitueixen uns edulcorants naturals de primera qualitat amb un clar potencial per substituir la sacarosa i els altres sucres calòrics. Al Japó, que és on la tecnologia alimentària al voltant de l'estèvia s'ha desenvolupat amb més força, existeixen moltes formulacions i barreges d'extractes d'estèvia a fi de satisfer cada perfil gustatiu segons el producte final i les preferències dels consumidors (Richard, 1999).

Segons Mizutani i Tanaka (2002), els glicòsids presents a l'estèvia presenten les següents característiques que els fan molt favorables per a múltiples usos alimentaris:

- Dolçor: com a terme mig, són unes 200 vegades més dolços que la sacarosa i a més, la qualitat organolèptica és superior a la del sucre ja que els glicòsids de l'estèvia tendeixen a donar una dolçor més suau que el sucre en un principi però més duradora en el temps, així com també més refrescant. El rebaudiòsid A, el més dolç de tots els glicòsids, té el perfil organolèptic més adient ja que no té el regust de regalèssia que poden tenir altres glicòsids. El ràtio d'esteviòsid respecte al rebaudiòsid A és el major determinant per la qualitat organolèptica dels productes derivats de l'estèvia. Quan el rebaudiòsid A es troba en continguts de més del 50% del total dels glicòsids totals, el regust a regalèssia esmentat es redueix notablement. Així mateix, la dolçor dels edulcorants d'estèvia es potencia quan es combinen amb sals o àcids orgànics.
- Solubilitat en aigua: tots els glicòsids de l'estèvia presenten una bona solubilitat en aigua i són fàcilment extraïbles amb solvents aquosos.
- Termoestabilitat: a diferència del sucre, que es comença a caramel·litzar a 150 °C, els glicòsids de l'estèvia poden suportar temperatures de 200 °C sense patir alteració.
- Estabilitat en pH extrem: són excepcionalment estables en una franja de pH que va de 2 a 10.
- Edulcorants no calòrics: tots els glicòsids de l'estèvia tenen un índex glicèmic igual a zero, una càrrega glicèmica nul·la i no tenen cap efecte calòric. Això és degut a que no es metabolitzen en el sistema digestiu humà i per tant no fan cap aportació energètica a l'organisme. El fet que no es metabolitzin és degut al seu alt pes molecular que fa difícil la seva absorció a l'intestí humà.
- Potenciadors de la dolçor: presenten un efecte sinèrgic quan s'usen conjuntament amb altres edulcorants com per exemple la glicirrizina, l'aspartam, el ciclamat i l'acesulfame, però no amb la sacarina.
- Potenciadors del sabor: en conjunció amb saboritzants, els glicòsids de l'estèvia actuen com a potenciadors del sabor permetent així l'ús d'una quantitat menor d'aquells.

- Beneficien la higiene bucal: s'ha trobat que alguns dels glicòsids presents a l'estèvia inhibeixen l'activitat de l'*Streptococcus mutans*, organisme causant de la càries.

Pel que fa al seu ús industrial, els glicòsids de l'estèvia presenten un millor comportament que el sucre en el següents casos:

- Risc de fermentació i deteriorament en salses, conserves, etc.
- Coloració en aliments que contenen aminoàcids
- Panificació de pa i galetes
- Absorció d'humitat en aliments secs o elaborats al forn
- Disminució del punt de congelació en gelats, sorbets i aliments congelats

A més, ja que no formen precipitats en solucions àcides, els edulcorants d'estèvia són adequats per a les begudes carbòniques. Les propietats i característiques dels edulcorants derivats de l'estèvia fan que actualment constitueixin els edulcorants naturals més versàtils i amb més qualitats tant per ús domèstic com per ús industrial (Richard, 1999). A la imatge 1.3 es mostren diversos productes edulcorants derivats de l'estèvia.



Imatge 1.3 Diverses mostres d'edulcorants derivats de l'estèvia i elaborats per l'empresa alemanya Medherbs. Els glicòsids d'esteviol tenen un aspecte de pols blanc cristal·lí i es presenten en diferents concentracions que determinen el seu poder edulcorant. Al fons de la imatge, un dispensador de comprimits d'edulcorant i al seu darrere, un paquet de fulla d'estèvia mòlta en forma de pols fi.

1.2.4. Propietats medicinals

De les 220 - 230 espècies conegudes dins el gènere *Stevia*, per a 17 d'elles existeix algun tipus de registre etnobotànic que indiqui que han estat utilitzades amb finalitats terapèutiques per les poblacions autòctones del continent americà des de temps

immemorials (Soejarto, 2002). La majoria han estat usades contra malalties infeccioses, com és ara en casos de malària, de febres o en ferides externes. No obstant, algunes de les plantes del gènere *Stevia* amb propietats medicinals s'han emprat per a patologies metabòliques, cardíques o ginecològiques (Soejarto, 2002).

En el cas de *S. rebaudiana*, Oviédo *et al.* (1970) indiquen que la decocció de la planta ha estat utilitzada tradicionalment pels nadius del Paraguai per tractar la diabetis (Soejarto, 2002). Gregersen *et al.* (2004) van concloure mitjançant assajos clínics que l'esteviòsid té un efecte beneficiós sobre el metabolisme de la glucosa en pacients amb diabetis tipus 2.

Un altre dels efectes terapèutics que s'atribueixen a l'estèvia és el de la seva acció hipotensora. Chan *et al.* (2000) i Hsieh *et al.* (2003) van concloure, després d'assajos clínics amb nombrosos pacients hipertensos, que l'esteviòsid és efectiu com a tractament de la hipertensió i que no presenta efectes adversos.

Actualment, *S. rebaudiana* està reconeguda com una planta amb propietats medicinals diverses, entre les quals cal destacar (Sahelian i Gates, 1999):

- Hipoglucemiant
- Hipotensora
- Digestiva i millorant de les funcions gastrointestinals
- Diürètica
- Vasodilatadora
- Cardiotònica, regula el ritme cardíac
- Antibacteriana
- Inhibeix la formació de càries i de placa dental
- Millora les facultats cognitives i la memòria

A més d'aquests efectes terapèutics, els compostos de l'estèvia presenten activitat antiinflamatòria i antitumoral (Herranz-López *et al.*, 2010).

D'aquestes propietats medicinals, la més coneguda és la hipoglucemiant. És interessant constatar que l'esteviòsid estimula la secreció d'insulina per part dels illots pancreàtics. Aquest efecte insulinoatròpic de l'esteviòsid només s'observa en pacients diabètics i no en individus normals (Herranz-López *et al.*, 2010). Aquest fet és crucial a efectes del consum general i també pel potencial de la planta per a induir hipoglucèmia.

S'ha pogut constatar a partir de diverses visites i reunions efectuades amb motiu de l'elaboració d'aquest estudi, que l'ús de l'estèvia en forma d'infusió comença a estendre's amb èxit entre les persones diabètiques i també entre les que, sense estar qualificades com a diabètiques, es troben afectades per nivells alts de glucèmia. La seva creixent difusió en l'actualitat és fruit de la bona efectivitat que té en la gran majoria de casos.

Cal esmentar que cada cop hi ha més estudis sobre les propietats medicinals de l'estèvia, alguns d'ells per a aplicacions innovadores. Per exemple, l'escola d'Odontologia de la Universitat de Bonn ha determinat l'efecte anti-càries dels dos principals glicòsids d'esteviol, l'esteviòsid i el rebaudiòsid A, mesurant el creixement in-vitro de les principals espècies de bacteries que es troben a la placa dental, especialment certes espècies del gènere *Streptococcus* (*S. mutans*, *S. sobrinus*, *S. salivarius*, *S. sanguis*). Els autors de l'estudi van concloure que els glicòsids d'esteviol redueixen l'acidificació de la placa dental amb la qual cosa s'evita la desmineralització i la dissolució de l'esmalt, fet que redueix l'aparició i el desenvolupament de la càries (Ackermann *et al.*, 2011).



Imatge 1.4 Estèvia seca envasada per a la venda com a planta medicinal per a ús en infusions. Aquest paquet, de 12 grams de pes net, va ser adquirit al Paraguai, on l'estèvia rep normalment el nom autòcton en idioma guaraní: *Kaa hee*. L'etiqueta emfatitza també el caràcter de "producte de la terra" ja que es tracta d'una planta que en estat natural només es troba en aquest país.

1.2.5. Altres aplicacions de l'estèvia

Des dels anys 70 en què va ser introduïda al Japó, l'estèvia ha estat objecte en aquest país de nombroses investigacions per a determinar possibles usos de la planta derivats de les seves propietats antioxidants.

Naohiko Sato, del JBB Research Institute of Immunizing Plants, i el Dr. Masaaki Takeuchi, professor emèrit de la Facultat d'Agricultura de la Universitat de Tohoku, en el seu llibre "La revolució alimentària al Japó" (2000), descriuen les experiències dutes a terme amb l'estèvia en els camps de l'alimentació i l'agronomia, i obren un panorama

de possibles aplicacions gràcies a les qualitats antioxidants i detoxificants d'aquesta planta.

1.2.5.1. Aplicacions en salut i medi ambient

Els resultats obtinguts pels investigadors Naohiko Sato i Masaaki Takeuchi durant set anys d'investigació conjunta entre la Universitat de Tohoku i l'Escola de Medicina de Fukushima amb extracte líquid d'estèvia en els camps de la medicina i els residus en aliments es poden resumir en els següents punts:

- Activitat antioxidant: les tiges d'estèvia tenen cinc vegades més activitat antioxidant que el té verd.
- Activitat bactericida davant bacteries contaminants d'aliments: en experiments in vitro, l'extracte líquid d'estèvia elimina bacteries alimentàries com *E. Coli* O157, salmonel·la, *Staphylococcus aureus*, *Yersinia enterocolitica* i *Vibrio parahemolyticus*, però no elimina les bacteries beneficioses com les bífides bacteries i les bacteries acido-làctiques.
- Activitat potenciadora de microorganismes beneficiosos: l'extracte líquid d'estèvia multiplica els microorganismes beneficiosos del rumen dels bovins.
- Activitat detoxificadora davant la histamina: aquesta qualitat indica la possibilitat d'usar-la en casos d'al·lèrgies.
- Activitat detoxificant davant les dioxines: una experiència duta a terme per Sumika Analysis Center Ltd. l'any 1998 va comprovar que amb l'extracte d'estèvia els nivells de dioxina de les cendres d'una incineradora d'escombreries van disminuir un 96%.
- Activitat per a dissoldre residus de pesticides organofosforats: experiències dutes a terme per Naito Environment Management Ltd. amb residus de Malathion van constatar que l'addició d'extracte d'estèvia reduïa el contingut final de residu per a un mateix període de temps.

1.2.5.2. Aplicacions en agronomia

Dins les aplicacions diverses que s'han investigat com a possibles usos de l'estèvia, cal remarcar les que s'han dut a terme en el camp agronòmic.

Els glicòsids d'esteviol tenen una acció sobre les plantes similar a la que prové de les gibberel·lines (Sato i Takeuchi, 2000). Juntament a aquests glicòsids, les parts aèries de l'estèvia contenen altres compostos amb acció potenciadora del creixement de les plantes, com són els flavonoides i els àcids fenòlics.

Al Japó, diverses experiències realitzades durant els anys noranta per l'Estació Experimental Agrària de Miyagi així com per cultivadors de diversos conreus

fructícoles i hortícoles van concloure que l'ús d'extracte líquid d'estèvia sobre els cultius i l'aplicació de d'estèvia en pols sobre el sòl tenien els següents resultats positius en comparació amb els mateixos cultius que no havien rebut els tractaments amb estèvia (Sato i Takeuchi, 2000):

- Contingut més alt de sucres en fruits: en concret, fins a 2 graus Brix més de sucre en taronges i préssecs, amb el consegüent millor sabor i aroma.
- Període de conservació més llarg : fet que possibilita que la recol·lecció es faci més entrada la maduració, quan el sabor i la qualitat són superiors.
- Més resistència de les plantes a les inclemències meteorològiques.
- Major creixement radicular i més resistència als nematodes: experiències dutes a terme per la Ohita Forestry Experimental Station en plançons de pi negre japonès van constatar una clara millora en la supervivència i creixement dels arbres que havien rebut pols d'estèvia incorporat al sòl.
- Increment de la població de microorganismes beneficiosos del sòl en aplicacions amb l'aigua de reg.

Seguint en la línia de les proves fetes al Japó, el *Instituto Provincial de Acción Integral* (P.A.I.P.P.A.) de la província de Formosa, al Paraguai, ha dut a terme experiències per a l'aprofitament dels subproductes del cultiu d'estèvia (branques, tiges i arrels) amb la finalitat de donar-los un valor afegit i de trobar una font de matèria prima per a tractaments naturals en l'agricultura (Alonzo-Torres, 2007). Els resultats obtinguts en aquestes experiències confirmen el que s'havia comprovat per l'estació de Miyagi al Japó, fet que obre un camp ampli per a la investigació i l'assaig amb la finalitat de confirmar aquests resultats en les nostres condicions de conreu, clima i sòl.

A l'estat espanyol, l'empresa ANAGALIDE, amb seu a Barbastro (Osca), fabrica un producte en pols a partir de les parts aèries de l'estèvia, que és comercialitzat per a la seva aplicació directa sobre el sòl o en aplicació foliar, a raó de 30 – 50 kg/ha.

1.2.6. L'estèvia com edulcorant: context històric i legislació

1.2.6.1. Evolució en el mercat dels edulcorants i tendències de futur

El mercat dels edulcorants ha evolucionat ràpidament des dels anys 60, amb canvis globals en preferències dels consumidors cap a alternatives al sucre que siguin millors i més saludables. Als anys 60, el principal mercat dels edulcorants alternatius era l'alimentació per a diabètics, encara que també hi havia un cert segment de consumidors que buscaven productes sense sucre per motius dietètics. Els productes que s'usaven principalment eren la sacarina i el ciclamat.

Més tard, van anar sorgint inconvenients a l'ús d'aquests dos productes degut a la seva repercussió en la salut, fet que va portar al desenvolupament de diversos edulcorants durant els anys 80 com l'aspartam i l'acesulfam-potassi (Ace-K).

A finals dels 90 va sortir la sucralosa, i al 2002 el neotam. Els poliols o alcohols del sucre, com el sorbitol, xilitol, mannitol i maltitol s'usen en cert grau en caramels i xiclets, però cap d'ells ha suposat una alternativa al sucre.

No obstant, tot i estar aprovats per les autoritats sanitàries, els edulcorants artificials no estan exempts d'efectes secundaris adversos (Mercola, 2006). Així, hi ha experiències que asseguren que el ciclamat ha causat càncer en rates de laboratori. Igualment, l'aspartam ha estat objecte de fortes controvèrsies pel que fa a nombrosos efectes secundaris negatius sobre els sistema nerviós i també en problemes de visió, així com pel que fa a possibles efectes carcinògens.

Un altre dels edulcorants artificials més usats actualment, la sucralosa, tot i fabricar-se a partir del sucre, és en realitat un derivat clorat de la sacarosa. Malgrat estar aprovat per les autoritats sanitàries en la majoria de països, s'han registrat casos de forta reacció al·lèrgica a la sucralosa i algunes cadenes d'alimentació dietètica dels EEUU han retirat tots els productes que la contenen (Mercola, 2006).

Fins i tot edulcorants considerats força naturals, tals com la fructosa o el xarop de blat de moro, ocasionen problemes de salut com a resultat d'un consum continuat (Mercola, 2006). Entre aquests problemes podem esmentar els següents: hipertensió, resistència a la insulina, hiperglucèmia, obesitat i un alt nivell de triglicèrids a la sang.

Però a banda de les controvèrsies, el que sí és un fet és que l'ús de substituïts del sucre va en clar augment a nivell mundial. Només als Estats Units, l'any 2010 el mercat dels edulcorants artificials ha mogut uns 3,2 milers de milions de dòlars, uns 2,5 milers de milions d'euros, més del doble de volum que l'any 2008 (Herranz-López *et al.*, 2010).

Es constata doncs, que hi ha cada cop més població que necessita substituir el sucre en la seva dieta, i especialment substituir-lo per productes que no ofereixin cap risc per la salut. És un fet que el nombre de persones que pateixen diabetis està augmentant de forma exponencial, particularment a l'Àsia, i el mateix es pot dir pel que fa al nombre de persones afectades d'obesitat i sobrepès.

Tot això fa que el mercat dels edulcorants naturals baixos en calories tingui unes grans expectatives, especialment en els països del primer món i en certs països emergents del continent asiàtic. En aquest context, l'estèvia i el nèctar d'agave es presenten actualment com les alternatives amb més bon futur al ser productes naturals que no ofereixen cap dels inconvenients dels edulcorants sintètics.

Finalment, per demostrar que aquest és un sector en constant innovació, val a dir que hi ha a l'horitzó un nou producte, mil vegades més dolç que el sucre, anomenat brazzeïna, i que és una proteïna dolça que s'extreu dels fruits d'una planta africana, la *Pentadiplandra brazzeana* (Rajagopal, 2009).

1.2.6.2. Legislació actual i perspectives dels edulcorants d'estèvia

A causa de les seves propietats favorables, l'estèvia s'està convertint ràpidament en una important matèria primera de productes edulcorants a nivell mundial. La particularitat de ser un producte vegetal natural, hipocalòric i amb propietats medicinals el fan cada cop més atractiu. A més, els productes derivats de l'estèvia poden utilitzar-se en un ampli ventall de sectors i usos: begudes, panificació, productes lactis, salses, confiteria, edulcorants de taula, productes farmacèutics i alimentació animal. És previsible doncs, que hi hagi un increment molt fort en la demanda d'edulcorants derivats de l'estèvia en substitució dels edulcorants sintètics com l'aspartam o la sacarina (Herranz-López *et al.*, 2010).

Tal com s'ha esmentat, els japonesos van ser els primers en utilitzar l'estèvia de forma industrial com a edulcorant alimentari (Kennelly, 2002). Als anys 90, el 41% dels aliments edulcorats produïts al Japó, ho eren amb estèvia.

Als Estats Units, el *boom* que va experimentar l'estèvia els anys 80 va portar a la FDA (*Food and Drug Administration*) a prohibir-la l'any 1987 amb l'excusa que no havia estat aprovada com additiu alimentari. Després d'intensos debats, l'any 1995, la FDA va autoritzar l'estèvia com suplement alimentari o dietètic, però no pas com additiu alimentari. Finalment, l'any 2008, els productes d'estèvia amb 95 % de puresa en rebaudòsid-A han rebut la qualificació de GRAS (*generally recognized as safe*) amb la qual cosa poden ésser usats com edulcorants alimentaris (Herranz-López *et al.*, 2010).

Com a conseqüència de l'aprovació del rebaudiòsid-A als Estats Units, grans empreses agroalimentàries s'han anat preparant en aquell país per a la progressiva substitució dels edulcorants artificials. PepsiCo i Coca-Cola han desenvolupat ja les seves begudes amb aquest glicòsid. Altres empreses estan comercialitzant edulcorant d'alta puresa en rebaudiòsid-A, i així tenim entre d'altres, que l'empresa PureCircle ha llençat al mercat el producte *RebA97*, Cargill ha fet el mateix amb *Truvia*, i GLG Tech Corp ha tret *Sweet Success* (Herranz-López *et al.*, 2010). Tots aquests productes estan ja presents en el mercat europeu arran de la recent autorització, a finals de 2011, que permet la comercialització de productes d'alta puresa en glicòsids d'esteviol.

A banda del Japó i els EEUU, l'estèvia ha estat també legalment aprovada per al seu ús en forma d'extractes com additiu alimentari a països com Korea, Xina, Taiwan, Austràlia, Rússia, Ucraïna, Kazakhstan, Malàisia, Indonèsia i Brasil.

Així com a nivell mundial hi ha hagut força moviment per part tant del món científic com industrial per a aprovar l'ús dels derivats de l'estèvia en aplicacions alimentàries, la Unió Europea ha estat tradicionalment la comunitat més estricta en regular aquests productes (Rajagopal, 2009). A la Unió Europea, els productes de l'estèvia han estat catalogats durant molts anys sota la denominació "novel food", amb la qual cosa han necessitat costosos estudis abans d'aconseguir llum verda per al consum alimentari.

A l'abril de 2010, l'EFSA (European Food Safety Authority), a petició de l'Associació Europea de l'Estèvia (EUSTAS), van informar favorablement sobre la seguretat alimentària dels glicòsids d'esteviol, opinió que finalment va estar en línia amb les

directrius de la JECFA (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives) i la FDA (Food and Drug Administration) dels Estats Units, en el sentit que els productes amb un contingut mínim del 95% del total de glicòsids d'esteviòl no presentaven riscos per a la salut humana. Això no inclou les fulles d'estèvia, que s'han de considerar "novel food" i per tant estan encara pendents d'autorització.

Prèviament a aquesta important decisió de l'EFSA, França, aprofitant una Directiva transitòria de la UE, va aprovar a l'agost de 2009 l'ús de productes edulcorants amb una riquesa de rebaudiòsid-A del 97%, convertint-se així en el primer país de la Unió Europea en autoritzar edulcorants d'estèvia.

A nivell mundial, el mercat global per l'estèvia es situa en uns 340 milions d'euros, dels quals el Japó en suposa ja uns 135 milions.

Aquests darrers anys han estat clau per a la transferència dels coneixements sobre l'estèvia i els seus derivats, com ho proven els nombrosos congressos que han anat tenint lloc en diversos països de diferents continents i entre els que podem destacar els següents:

- Stevia World (maig,2009) a Shanghai
- Stevia World Europe (novembre 2009) a Frankfurt
- Stevia World Atlanta (febrer 2010) a Atlanta
- Stevia World Europe (maig 2010) a Ginebra
- Stevia TasteLess 2011 (maig 2011) a París
- Stevia Tasteful 2012 (maig 2012) a París

Les ponències d'aquests congressos reflecteixen els aspectes més actuals dels treballs i la investigació al voltant de l'estèvia i els seus derivats i que tal com recull Rajagopal en la seva publicació *Global Stevia Industry Perceptions Report 2009*, es poden resumir en els següents punts:

- Fiabilitat en el subministrament de fulles d'estèvia d'alta qualitat: cal assenyalar que avui en dia la producció de fulles d'estèvia és a nivell mundial limitada, amb la qual cosa el subministrament actual corre el risc de no poder satisfer la demanda prevista en cas que els edulcorants d'estèvia experimentin un autèntic "boom" tal com assenyalen alguns experts del sector.
- Pràctiques de cultiu i selecció de varietats: és necessari aprofundir en les pràctiques agronòmiques de l'estèvia, així com en la selecció de cultivars adaptats a cada zona agro-climàtica en que sigui possible el seu conreu.
- Tecnologia de l'extracció i refinació: en aquest sentit, cal millorar aquest tecnologia a fi d'aconseguir glicòsids d'esteviòl d'una puresa més alta, a més de resoldre el tema de l'eliminació del regust a regalèssia dels productes derivats de l'estèvia. En aquest sentit, el tema de discussió més important tractat en el congrés mundial Stevia Tasteful 2012 va ser com limitar i amagar

el regust detectat per part dels consumidors de begudes edulcorades amb estèvia.

- Acceptació per part dels consumidors: per una banda, calen campanyes a fi que el consumidor accepti sense reticència la dolçor específica dels productes d'estèvia i per l'altra, s'ha d'aconseguir un canvi d'hàbits per tal d'introduir les noves marques que hauran de substituir les ja conegudes d'edulcorants artificials.

1.3. Botànica de l'espècie *Stevia rebaudiana*

1.3.1. El gènere *Stevia*

El gènere *Stevia* està distribuït al Nou Món, exclusivament en regions tropicals i subtropicals, des del sud dels Estats Units fins a l'Argentina i els altiplans del Brasil. Es troba a Mèxic, Amèrica Central i als Andes, però no s'ha trobat a l'Amazònia. El gènere *Stevia* comprèn arbustos i plantes herbàcies que es troben principalment a altituds entre 500 i 3.500 metres sobre el nivell del mar. Normalment es troben en terrenys muntanyosos però el seu hàbitat pot abastar les pastures, boscos aclarits, vessants boscoses, boscos de coníferes i fins i tot la vegetació subalpina (Soejarto, 2002).

La taxonomia del gènere *Stevia* és molt complexa. Segons estimacions d'alguns autors hi podrien haver de 150 a 300 espècies dins el gènere. Estudis recents i més acurats assenyalen que hi ha per ara unes 220-230 espècies ben diferenciades, la majoria d'elles a Sudamèrica (Soejarto, 2002). L'àrea amb major concentració d'espècies es troba al triangle format per Perú-Bolívia, sud del Brasil-Paraguai, i el nord d'Argentina, on s'hi troben almenys 120 espècies.

Els avenços en l'enteniment de la taxonomia del gènere *Stevia* han estat possibles gràcies a molts botànics que l'han estudiat a llarg del temps, des de Bonpland *et al.* (1820) i De Candolle (1836), fins a Grashoff (1972; 1974) o King i Robinson (1967; 1987; 1977). Pel que fa al gènere, el taxó va ser consolidat l'any 1816 pel botànic aragonès Mariano Lagasca, però el nom genèric el va adoptar el botànic valencià Antonio José Cavanilles l'any 1797 en memòria de Pere Jaume Esteve (*Petro Iacobo Steve*), cèlebre metge nascut a Sant Mateu del Maestrat i que va ser professor de medicina i botànica a València al segle XVI.

1.3.2. Taxonomia de l'espècie *Stevia rebaudiana*

La posició sistemàtica de *S. rebaudiana* és la següent:

Regne	Plantae
Subregne	Tracheobionta
Superdivisió	Spermatophyta
Divisió	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida (Dicotiledònies)
Subclasse	Asteridae
Ordre	Asterales
Família	Asteraceae (Compostes)
Subfamília	Asteroideae
Tribu	Eupatorieae
Gènere	<i>Stevia</i>
Espècie	<i>rebaudiana</i>

Pel que fa a la història de la seva classificació, el binomi llatí *Stevia rebaudiana* va aparèixer a la literatura l'any 1905, creat per Moisés Santiago de Bertoni (1857-1929),

botànic i naturalista suís-italià que va emigrar a Paraguai l'any 1882. El mateix Bertoni explica en els seus escrits de 1905 i 1918 com va assolir la classificació i el nom d'aquesta planta. És interessant fer-ne un breu relat per la singularitat dels fets que van dur Bertoni al coneixement i posterior classificació de l'estèvia ja fa més d'un segle.



Imatge 1.5 El Dr. Moisés Santiago Bertoni amb la seva esposa Eugènia Rosseti en una foto de 1913. (Font: <http://webs.advance.com.ar/juxenber/album.htm> pàgina de la web "Moisés Bertoni Center")

Cap a finals de 1887, quan tot just començaven les seves exploracions botàniques al nord-est del Paraguai, Bertoni va sentir parlar als herbolaris i als indis nadius de Mondaií de l'existència d'una planta dolça que creixia a la zona. Bertoni no va poder obtenir aleshores cap espècimen de la planta i va documentar que es tractava d'una planta rara.

Un anys més tard a Asunción, Bertoni va rebre una mostra d'aquesta planta dolça, que consistia en bocins de tija, branques, fulles i inflorescències, tot ja preparat per endolcir el mate ja que només calia afegir una mica de la planta esmicolada a la beguda amarga. Bertoni va ser capaç d'identificar la planta i col·locar-la a la seva posició taxonòmica correcta, a la tribu Eupatorieae de les Compostes. Però a causa de la fragmentació de la mostra, no va poder concretar si pertanyia al gènere *Stevia* o al gènere *Eupatorium*. No obstant això, va determinar que la planta es tractava d'una espècie nova per la ciència i així ho va comunicar l'any 1899 a la comunitat científica sota el nom d'*Eupatorium rebaudianum* Bertoni al *Boletín de la Escuela Agrícola de Asunción*, vol. 2: 35. (Soejarto, 2002). L'epítet *rebaudianum* el va dedicar al químic paraguaià Ovidio Rebaudi vers el qual Bertoni tenia una gran admiració. Rebaudi va

ser la primera persona en fer un estudi químic de la planta a partir de mostres que li va proporcionar Bertoni.

L'any 1905, Bertoni va rebre un espècimen viu de la planta i aleshores ja va poder assignar el lloc taxonòmic correcte de la planta dins el gènere *Stevia* i anomenar-la definitivament *Stevia rebaudiana* Bertoni.

1.3.3. Descripció de l'espècie *Stevia rebaudiana*

Diversos autors han descrit amb detall l'estèvia, des de Bertoni (1905), passant per Gosling (1919) fins a botànics actuals com és el cas de Djaja Djendoel Soejarto de la Universitat d'Illinois a Chicago. Aquest darrer ha estudiat l'estèvia *in situ* en el seu lloc d'origen i també a partir de les plantes cultivades a la *Pharmacognosy Field Station* de la Universitat d'Illinois a Chicago. Soejarto és segurament un dels autors que ha elaborat una descripció més acurada d'aquesta planta. A partir de les descripcions efectuades per Soejarto principalment, encara que també per altres autors, i de les observacions fetes directament en camp durant el present treball fi de carrera, es pot descriure botànicament l'estèvia tal com segueix:

Stevia rebaudiana és una planta perenne amb arrels filiformes (Imatge 1.6) i tija erecta de 30 a 50 cm d'alçada la qual fàcilment produeix brots secundaris des de la base. En condicions de cultiu, la planta pot créixer molt més, generalment fins a 70 - 90 cm. No obstant això, durant els assajos del present estudi s'han obtingut alçades de 140 cm en condicions de cultiu sota hivernacle.



Imatge 1.6 Detall del sistema radicular on es poden observar les arrels filiformes en una planta d'estèvia cultivada a l'exterior en terreny franc-llimós durant la temporada 2008-2009.

Malgrat ser perenne, fora de les latituds tropicals la part aèria de la planta s'asseca a l'hivern i rebrota a la primavera, per la qual cosa es podria afirmar que sota hiverns rigorosos la planta es comporta aparentment com una plurianual vivaç. No obstant, en determinades condicions ambientals o de maneig es converteix en una planta anual (Ramesh *et al.*, 2006) ja que no aconsegueix rebrotar després de l'hivern.

En qualsevol cas, el rebrot per donar lloc a una nova part aèria de la planta es fa des de la base de les tiges, o zona també anomenada "corona", que es troba a la part inferior de les tiges, just abans de començar la zona radicular (Imatge 1.7).



Imatge 1.7 Rebrot a la primavera d'una planta conreada a l'exterior. S'observa com els nous brots sorgeixen des de la base de la tija vella de l'any anterior, a la zona del coll de la planta o "corona", on hi ha la inserció de les primeres arrels.



Imatge 1.8 Plantes d'estèvia de la varietat "Criolla" cultivades sota hivernacle. Presenten les copes arrodonides i vegetació força densa.

En el seu hàbitat natural, la planta és esvelta i poc ramificada, però quan es cultiva i a causa de les segues o talls que s'efectuen, la tija normalment emet nombroses branques laterals i forma una copa més o menys arrodonida i densa (Imatge 1.8). Tant la tija com les branques i les fulles són verdes i es troben cobertes per pèls blanquinosos molt curts i fins. Les fulles desprenen una forta olor quan s'aixafen, i totes les parts verdes de la planta tenen un gust dolç.



Imatge 1.9 Imatge de fulles procedents de plantes cultivades en hivernacle i pertanyents a la mateixa població de la varietat “Criolla”. S'aprecia la variabilitat en la forma de les fulles. Igualment, es poden observar el tres nervis primaris que surten de la base de la fulla.

Les fulles (Imatge 1.9) són simples, oposades, subsèssils o amb pecíol de 3-4 mm, amb entrenusos de 2-4 cm, limbes subcoriàcis i molt variables en forma i grandària, des d'estretament el·líptics a oblanceolats o espatulats-oblanceolats, fins a lineo-oblongs o ovats, de 2-3 cm de llargada i 0.6-1 cm d'amplada, àpex obtús a subagut, base cuneada, marges sencers, sovint dentats (crenats a serrats) a la meitat superior i sencers a la meitat inferior. Des de la base de la fulla surten tres nervis primaris, que són prominents a la cara inferior i més aviat enfonsats a la cara superior. Els nervis secundaris són reticulats, una mica enfonsats. El limbe en estat sec és de color verd oliva a verd marró, generalment més fosc a la cara superior.

En condicions de cultiu, les fulles caulinar també són generalment més grans, d'uns 3 - 5 cm de llargada i 1 - 2,5 cm d'amplada, i d'una textura més papiràcia. No obstant això, els diferents genotips o línies genètiques que poden trobar-se en poblacions autòctones del Paraguai mostren una notable variabilitat en la forma i grandària de les fulles (Goettemoeller, 2010). A la imatge 1.10 es pot apreciar aquesta variabilitat entre les fulles de diferents plantes pertanyents a la mateixa població de la varietat “Criolla”, autòctona del Paraguai i cultivada actualment a la finca de Pàmies Hortícoles, a Balaguer.



Imatge 1.10 Plantació d'estèvia a l'aire lliure, on es pot observar la variabilitat en la forma i la grandària de les fulles entre les diferents plantes, totes elles de la varietat “Criolla” autòctona del Paraguai i cultivada a la finca de Pàmies Hortícoles, a Balaguer.

Els capítols (Imatge 1.11) es disposen en inflorescències paniculades-corimbòsies poc denses que es troben a l'extrem terminal de les branques i que tenen el peduncle d'1 a 4 cm de llargada i molt esvelt. Els pedicels de cada capítol són esvelts i d'1 a 4 mm de llargada. Les bràctees són lineo-lanceolades, amb una llargada d'1 a 2 mm. Cada capítol està embolicat en un involucre que és gairebé tan llarg com el pedicel, de color verd clar en la meitat inferior i grogós en la part superior. Els filaris, de color verd i en nombre de cinc, són lineals a subulats, de 4-5 mm de llargada, d'àpex agut o arrodonit i recoberts de pèls fins. Cada capítol té 5 flors.



Imatge 1.11 Inflorescències d'estèvia, cada capítol amb 5 flors blanques en forma de tub.

Cada flor es troba exserta sobre l'involucre. La corol·la és actinomorfa, blanca, de tub esvelt, igual o més llarg que els *papus* o vil·lans, d'uns 4 mm de llargada, de color verdós a sota, blanquinós a morat a la part de dalt, cobert per pèls molt fins a la part interior, quasi glabre a la part de fora, els lòbuls ovats a ovats-lanceolats, desiguals, blancs amb gola morada, obtusos a subaguts, de 0.7-1 mm de llargada, ciliolats, branques de l'estil del doble de llargada o més que els lòbuls de la corol·la, divergents i normalment corbats, densament coberts amb glàndules de color marró clar i pèls curts molt fins.

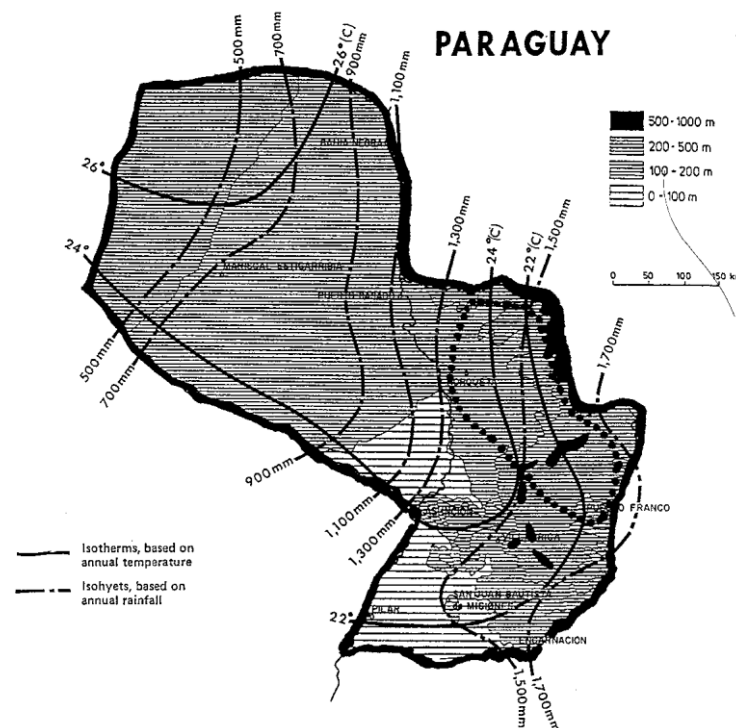


Imatge 1.12 Inflorescències seques amb els aquenís i els vil·lans visibles.

Els aquenís (Imatge 1.12) són subglabres, de 2.5-3 mm de llargada, i finament barbats al llarg de les vores, els papus o vil·lans són de color palla, en nombre de 9 a 17, d'uns 3 mm de llargada i mitjanament rígids.

1.3.4. Distribució geogràfica i hàbitat natural

L'espècie *S. rebaudiana* és nativa de Paraguai i probablement endèmica d'aquest país. Les poblacions naturals, tot i ser escasses, encara es poden trobar a la zona nord-est del país, als altiplans del Departament d'Amambay, i particularment a les vessants i valls de la Cordillera d'Amambay (Soejarto, 2002). L'any 1918, Bertoni va donar una àrea de distribució des d'Amambay al riu Monday (Imatge 1.13), aproximadament des de 22° 30' a 25° 30' de latitud sud i des de 55° a 57° de longitud oest, en altituds compreses entre els 200 i 700 metres, i integrament dins territori paraguaià. Encara que un altre autor, Sumida, en un document de l'any 1973 va donar com a rang geogràfic una àrea compresa entre 20° a 26° de latitud sud i des de 52° a 57° de longitud oest, incloent així territoris del Brasil i Argentina fronterers amb el Paraguai. No obstant això, el mateix Sumida en un document posterior, l'any 1975, va reduir aquesta àrea deixant-la només en territori del Paraguai.



Imatge 1.13 Mapa que mostra la zona de distribució natural de l'espècie *Stevia rebaudiana* segons la informació facilitada per Bertoni els anys 1905 i 1918. L'àrea esmentada està encerclada per una línia de punts i comprèn una zona d'uns 50.000 km² des de la Cordillera d'Amambay al nord fins al riu Monday al sud. (Font: Soejarto, adaptat de Gorham i Kleinpenning)

Desafortunadament, no s'ha dut a terme cap estudi botànic exhaustiu de les àrees definides per Bertoni i Sumida, i queda encara la incògnita pel que fa a si la distribució natural de *S. rebaudiana* es troba íntegrament dins del Paraguai i per tant és endèmica d'aquest país, o bé si es comparteix amb el Brasil i Argentina (Soejarto, 2002).

Si ens basem en la distribució geogràfica donada per Bertoni, els requeriments climàtics per a l'existència natural de *S. rebaudiana* consistirien en una precipitació anual de 1.300 a 1.700 mm i una temperatura mitjana anual de 22°C. Aquests paràmetres corresponen a una zona climàtica subtropical mesotèrmica i humida amb pluviometria deficient a l'hivern (Fariña Sánchez, 1973).

L'hàbitat natural de *S. rebaudiana*, d'acord amb prospeccions realitzades per Djaja Djendoel Soejarto a la zona de Cerro Cuatiá, a la Cordillera d'Amambay, són els prats naturals d'herbàcies d'una alçada entre 50 i 80 cm. Les plantes de *S. rebaudiana* creixen entre les herbàcies, on floreixen i donen fruit un cop l'any. El sòls en aquesta zona són arenosos i de color fosc, però humits i ben drenats. A les zones on les herbàcies són més altes (1 - 3 metres) i a les zones amb arbusts i arbres no es troba aquesta planta, tot indicant que l'hàbitat natural de *S. rebaudiana* és específic. Igualment, a les zones de prats que han estat dedicades a pastura pel bestiar les plantes de *S. rebaudiana* hi són absents.

La sensibilitat que manifesta *S. rebaudiana* a les modificacions del seu hàbitat és coherent amb el comportament d'altres espècies del gènere *Stevia*. Degut a aquest fet, les poblacions d'espècies del gènere *Stevia* i en particular de *S. rebaudiana* freqüentment raregen i fins i tot han desaparegut d'àmplies zones del seu hàbitat natural (Soejarto, 2002). En els seus escrits dels anys 1905 i 1918, Bertoni ja va fer esment de la raresa de *S. rebaudiana* dins la seva àrea de distribució natural. Durant el segle XX, el pasturatge continu en grans zones del Paraguai i l'augment de terres dedicades al conreu, juntament amb l'intensa cerca i recollida de plantes silvestres de *S. rebaudiana* per trasplantar-les a les plantacions comercials en diversos llocs del Paraguai durant els anys 70, han reduït notablement la presència d'aquesta espècie en el seu hàbitat natural fins a fer-la rara en moltes de les seves zones originals de distribució. Aquest procés pot arribar a amenaçar seriosament l'existència de l'espècie *S. rebaudiana* en forma silvestre. Caldria doncs prendre mesures de protecció ja que *S. rebaudiana* es tracta amb tota probabilitat d'un endemisme del Paraguai, i és per tant, un patrimoni nacional d'aquest país i de la humanitat.

1.4. El cultiu de l'estèvia

1.4.1. Breu visió històrica i situació actual

L'estèvia va ser introduïda des del Paraguai al Japó per al seu cultiu durant els anys 70 del segle passat amb la finalitat d'estudiar-ne les seves característiques i d'avaluar el seu potencial com a cultiu per a produir edulcorants naturals. Des del principi, l'estèvia cultivada va mostrar un vigor major que les seves poblacions naturals, fet que va donar a entendre que amb pràctiques de conreu adequades la planta podia assolir tot el seu potencial productiu (Kinghorn, 2000).

La demanda d'estèvia per part del mercat japonès va provocar un augment del conreu comercial d'estèvia a Paraguai i a Brasil en primer lloc, i després a determinats països asiàtics, com Corea i Xina. Així, avui en dia, el cultiu comercial de l'estèvia es troba principalment estès a països d'Àsia i Amèrica (Kinghorn, 2000).

Actualment, es dediquen al món unes 32.000 hectàrees de terreny al cultiu de l'estèvia, amb la Xina com a primer productor amb el 75% de la superfície esmentada, unes 24.000 hectàrees. La Xina abasteix principalment els mercats japonès i coreà. En els darrers anys, l'Índia ha començat també el cultiu a gran escala motivat per la demanda provinent de la creixent població amb diabetis i que busca un substitut natural del sucre. Per altra banda, s'han realitzat cultius experimentals a zones temperades de Canadà amb la finalitat d'estudiar la seva viabilitat com a cultiu anual, però sense que això hagi suposat la producció d'estèvia en aquest país.



Imatge 1.14 En primer pla, bancals d'estèvia a Pàmies Hortícoles, una explotació dedicada fonamentalment al cultiu d'enciam i hortalisses de fulla a Balaguer, La Noguera. L'estèvia és un cultiu que es pot adaptar molt bé a l'estructura productiva de les explotacions dedicades a l'horticultura.

A Europa s'han establert algunes plantacions a l'àrea mediterrània, sigui de caràcter experimental o comercial, essent fins ara superfícies relativament petites. En aquest sentit, les plantacions més importants les trobaríem actualment a Andalusia. A Catalunya, l'única superfície rellevant d'estèvia cultivada es troba actualment a Balaguer, a l'explotació agrícola "Pàmies Hortícoles", lloc on s'han realitzat els assajos i les observacions que han donat lloc a aquest estudi (Imatge 1.14).

Cal remarcar que la gran versatilitat que ha demostrat l'estèvia per adaptar-se a diferents ambients fan que sigui un cultiu amb perspectives interessants, sobre el qual convé experimentar i investigar-ne les possibilitats a fons.

1.4.2. Característiques agronòmiques de l'estèvia

1.4.2.1. Requeriments i trets fonamentals

Des del punt de vista agronòmic, l'estèvia es podria definir com a planta perenne sensible. Això significa que pot sobreviure després de l'hivern sense protecció només en els llocs on les temperatures hivernals no baixen de forma perllongada per sota de -4°C (Goettemoeller, 2010). A trets generals, es cultiva com a conreu perenne en zones subtropicals i de clima suau, però en zones de latitud alta amb hiverns freds només es pot cultivar com a planta anual (Goettemoeller i Ching, 1999).

La temperatura mínima limitant per al conreu de l'estèvia ha estat objecte de diversos estudis i assajos en diferents contrades del món (veure apartat 1.4.2.1.3.), fet que ha posat de manifest la gran adaptació d'aquesta planta a condicions força més extremes que les de la seva zona d'origen. No obstant, fins i tot en llocs on les temperatures no baixen mai dels zero graus, la planta d'estèvia atura el seu creixement degut a l'escurçament del dia i a les temperatures més fresques (Goettemoeller, 2010). Per aquest motiu, els cicles de producció van des d'una campanya única o producció anual fins a la producció perenne que dura diverses campanyes.

Diversos autors coincideixen en assenyalar que el rendiment agronòmic depèn de les característiques genètiques de la planta i de l'expressió fenotípica que es troba governada pels factors climàtics i ambientals.

L'experiència obtinguda en diversos països on s'ha cultivat l'estèvia, ja sigui a nivell experimental o a nivell comercial, ha permès definir uns trets de tipus agronòmic que ens serviran de base per a caracteritzar aquesta planta en les condicions experimentals d'aquest estudi. S'han agrupat aquests trets en diversos apartats a fi de facilitar la seva comprensió i a la vegada per contrastar-los amb l'experiència de camp obtinguda durant el present estudi. En aquest apartat s'ha utilitzat com a font principal el treball de Ramesh *et al.* (2006) titulat *Cultivation of Stevia* i publicat a la revista *Advances in Agronomy*, així com les experiències recollides per Goettemoeller al seu llibre *Growing Stevia for Market* (2010).

Una primera aproximació a les característiques agronòmiques de l'estèvia assenyalades per diversos autors ens permet considerar uns trets favorables per la seva potencialitat com a conreu:

- Adaptació climàtica bastant ampla
- Regeneració possible després dels danys per gelada
- Possibilitat de diverses collites (3 - 4) cada any
- Possibilitat de propagació vegetativa per esqueix i per divisió d'arrels
- Possibilitat de propagació per llavor

Igualment, s'han assenyalat una sèrie de trets restrictius que poden dificultar el cultiu de l'estèvia en certes condicions agroclimàtiques:

- Sensibilitat al fotoperíode o duració del dia
- Sensibilitat a l'excés d'humitat del sòl
- Poca tolerància a la manca d'aigua
- Sensibilitat a les gelades
- Poc creixement inicial de les plàntules
- Alta competència per adventícies en els primers estadis de creixement
- Baixa germinació de la llavor
- Període curt del poder germinatiu de la llavor
- Poca tolerància a pH alts del sòl
- Auto-incompatible
- Maduració asincrònica de la llavor

L'estèvia té, com la majoria de plantes, un creixement que depèn en gran mesura dels factors ambientals. El creixement i la floració es veuen afectats principalment pels factors que s'analitzaran seguidament:

- Fotoperíode
- Radiació
- Temperatura
- Tipus de sòl
- Humitat del sòl
- Vent (en indrets exposats)

1.4.2.1.1. Fotoperíode

L'estèvia és molt sensible al fotoperíode i requereix unes 13 - 14 hores de llum solar. El creixement de la planta s'alenteix fortament en condicions de menys de 12 hores de llum (Jinwoong *et al.*, 2002).

Els dies curts promouen la floració en detriment del creixement i la producció de fulles. Així, en el seu hàbitat natural, a 21 - 22° de latitud sud, les plantes d'estèvia comencen a florir en els mesos de gener a març, equivalents als mesos de juliol a setembre de l'hemisferi nord. Les floracions successives tenen lloc de forma continuada en els rebrots procedents de la corona de la planta, els quals són cada cop més curts fins arribar a l'hivern.

No obstant, en condicions de dia llarg (16 hores o més de fotoperíode), la planta es manté en estat vegetatiu sense florir. En aquestes condicions, el ràtio fulla : tija és alt, la superfície foliar és major i conseqüentment augmenta la producció total de fulla seca. Igualment, el rendiment en glicòsids d'esteviol és major en condicions de dia llarg, ja que la síntesi de glicòsids es redueix en començar la floració. Lògicament, com més es retardi la floració més temps hi ha per a l'acumulació de glicòsids.

Així doncs, es pot concloure que la producció comercial d'estèvia està millor adaptada a condicions de fotoperíode llarg ja que tant el rendiment de fulla com els de glicòsids d'esteviol són majors. El cultiu en zones temperades que gaudeixen de dies llargs a l'estiu sembla l'ideal per a la consecució d'alts rendiments d'esteviol i altres compostos dolços, però no per a la producció de llavor (Jarma, 2010).

L'arrelament d'esqueixos també depèn de la duració del dia, i s'ha observat un millor arrelament i creixement dels esqueixos en condicions de dia llarg i major lluminositat (Ramesh *et al.*, 2006).

1.4.2.1.2. Radiació

L'estèvia és una planta que prefereix bona llum solar. Encara que en el seu hàbitat natural creix juntament amb altres plantes silvestres en condicions d'ombra parcial, s'ha vist que el rendiment és òptim si la radiació que rep és màxima. L'ombra parcial redueix tant la producció de biomassa com la floració (Slamet i Tahardi, 1988). Igualment, en condicions d'ombra excessiva s'afavoreix l'atac de fongs que poden afectar el coll de la planta.

1.4.2.1.3. Temperatura

La temperatura influeix en nombrosos aspectes del desenvolupament del cultiu de l'estèvia; per citar-ne alguns hi trobem la germinació, el creixement de les arrels i de la part aèria, la supervivència hivernal, la fotosíntesi, la respiració, i la disponibilitat de nutrients del sòl. Tal com s'ha vist, aquesta planta és originària d'una zona on la temperatura mitjana anual és de 22 °C i amb clima subtropical mesotèrmic. Per tant, és d'esperar que el comportament del cultiu sigui millor com més moderada i allunyada de valors extrems sigui la temperatura. Els primers treballs, fets per Sumida (1980), ja van determinar que l'interval òptim de temperatura per al creixement de *S. rebaudiana* es troba en els 15 - 30° C. Aquest mateix autor va assenyalar que la temperatura mínima crítica es situava en els 0 °C. No obstant, Miyasaki va situar el límit absolut en - 3° C.

Un estudi realitzat per la Universitat de Bonn durant tres anys (2004 – 2006) va concloure que l'estèvia no es podia adoptar com a conreu plurianual en les condicions de l'Europa de clima temperat ja que la sensibilitat a les gelades no feia possible la seva supervivència hivernal (Lankes i Pude, 2008). Fins i tot amb protecció hivernal mitjançant túnel de plàstic es va determinar que l'estèvia no podia sobreviure l'hivern i comportar-se com una planta perenne en les condicions esmentades.

En experiències als Estats Units, Goettemoeller (2010) conclou que si la temperatura mínima absoluta esperada de l'hivern es troba per sobre de $-1,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, es pot cultivar l'estèvia a l'exterior en qualitat de conreu perenne, tot i experimentar gelades ocasionals. El mateix autor observa que l'estèvia pot suportar gelades fins a $-2,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ sense que hi hagi massa danys a la part aèria, i assenyala que la cobertura del sòl o *mulching* assegura la supervivència de les arrels davant temperatures inferiors a les esmentades. D'acord amb aquests paràmetres, es podrien definir d'entrada tres possibles règims de producció, sense tenir en compte el fotoperíode i considerant només el règim tèrmic de cada zona:

- Producció perenne amb creixement continuat durant tot l'any. Aquest tipus de producció és possible a les zones tropicals i a les subtropicals del planeta on la temperatura mitja de les mínimes absolutes anuals sigui superior a $-1,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Igualment, pot efectuar-se sota hivernacle en qualsevol zona sempre que les temperatures mínimes absolutes es mantinguin per sobre de $-1,2\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Producció perenne amb repòs hivernal. Correspondria a les zones on la temperatura mínima es situa entre $-1,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ i la temperatura mínima tolerada pel conreu, que segons diversos autors pot oscil·lar entre $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ i -6°C . Igualment, aquest tipus de producció correspondria a la que es duu a terme en cultiu protegit en zones més fredes sempre que la protecció assegurés que les plantes no pateixen temperatures inferiors a les esmentades (Imatge 1.15).
- Producció anual. Aquest model exigeix la plantació cada primavera ja que les plantes no sobreviuen l'hivern i correspondria a les zones amb una temperatura mínima absoluta esperada inferior a $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$.

A banda del seu paper decisiu pel que fa a la supervivència hivernal, la temperatura influeix directament en el rendiment del cultiu, ja sigui directament pels seus valors o per la seva variació durant el dia (Barathi, 2003). Diversos autors coincideixen en què l'interval de temperatures favorables al cultiu de *S. rebaudiana* pot situar-se entre $10 - 40\text{ }^{\circ}\text{C}$, encara que per sota de $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ el creixement es redueix notablement (Midmore i Rank, 2002). Partint de l'anàlisi dels llocs concrets on s'estava cultivant estèvia, Richard (1999) va situar l'interval de temperatures per poder desenvolupar el cultiu entre els valors de $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ i $43\text{ }^{\circ}\text{C}$.

La tolerància a les temperatures baixes és un dels paràmetres que s'ha estudiat en el treball de camp del present estudi ja que sens dubte és decisiu en l'adaptació o aclimatació de l'estèvia a les nostres latituds.



Imatge 1.15 Bancals d'estèvia a Balaguer, en règim de producció perenne amb repòs hivernal. En aquest cas, les plantes gaudeixen d'una doble protecció per tal de suportar les temperatures mínimes de l'hivern: es troben dins un hivernacle multi-túnel i alhora els bancals es protegeixen individualment mitjançant cobertura de túnel baix amb manta tèrmica.

Un tema controvertit però, és el de la influència de la temperatura en la producció d'esteviòsid. Segons citen Ramesh *et al.* (2006), Mizukami *et al.* (1983) en el seu estudi "Effect of temperature on growth and stevioside formation of *Stevia rebaudiana*" van indicar que la variació de la temperatura entre el dia i la nit era determinant per a la producció d'aquest glicòsid, establint el règim de 25 / 20°C (dia / nit) com l'òptim per a l'obtenció d'un bon rendiment d'esteviòsid. No obstant, Nepovim *et al.* (1988), van concloure que la temperatura no era un paràmetre decisiu per al contingut d'esteviòsid en les fulles de *S. rebaudiana*.

1.4.2.1.4. Tipus de sòl

S. rebaudiana es troba de forma natural en sòls àcids, poc fèrtils, arenosos, o en sòls amb molta matèria orgànica i en tots els casos, amb bon nivell d'humitat. No obstant això, s'ha comprovat que pot créixer en un ventall de sòls molt ample. L'excepció serien els sòls salins ja que l'estèvia és poc tolerant a la salinitat. Igualment, en sòls amb poc drenatge es poden presentar problemes d'asfíxia i de podridura d'arrels i de la corona de la planta.

1.4.2.1.5. Humitat del sòl

Tal com s'ha comentat anteriorment, l'hàbitat natural de *S. rebaudiana* gaudeix d'una precipitació anual entre 1.300 i 1.700 mm. Aquests paràmetres corresponen a una zona climàtica subtropical mesotèrmica i humida amb pluviometria deficient a l'hivern. Els llocs on creix de forma natural l'estèvia són indrets on la humitat del sòl hi és gairebé sempre present en major o menor grau, sovint a causa d'una capa freàtica poc profunda (Soejarto, 2002).

L'estèvia és doncs una planta susceptible a l'estrès hídric i prefereix un sòl constantment humit. S'ha observat que la planta creix de forma òptima amb regs freqüents i poc profunds (Shock, 1982). Tot i ser sensible a l'estrès hídric, també ho és a l'excés d'humitat del sòl i no tolera l'entollament. Cal doncs que el sòl tingui un bon drenatge ja que l'excés d'humitat provoca fàcilment l'atac per podridures degudes a fongs.

Segons Goettemoeller (2010), l'estèvia s'adapta a qualsevol sistema de reg, ja sigui per inundació, a manta o en cavallons, a sistemes de reg localitzat o també a l'aspersió. No obstant, assenyala que el reg per degoteig és probablement el més idoni (Imatge 1.16), especialment perquè minimitza les malalties fúngiques que puguin aparèixer a la part aèria de les plantes. Aquest mateix autor recomana l'ús d'algun tipus de cobertura del sòl o *mulching* a fi de reduir l'evaporació i mantenir així una humitat el més constant possible al voltant de les arrels de les plantes tenint en compte que tal com s'ha dit, el sistema radicular de l'estèvia és bastant superficial.



Imatge 1.16 Cultiu d'estèvia sota hivernacle amb reg localitzat per degoteig.

1.4.2.1.6. Resistència al vent

La planta de l'estèvia és d'una gran fragilitat en el lloc d'unió de les branques secundàries amb les primàries i en la unió d'aquestes amb el coll de la planta. Això pot suposar una greu limitació en indrets ventosos on no es protegeixi adequadament el cultiu. Aquesta fragilitat pot limitar fins i tot el maneig del cultiu en labors com el desherbat manual ja que el contacte amb les plantes suposa de vegades el trencament de branques.

El vent sec i càlid suposa també una major evapotranspiració i si no es té cura en programar la freqüència de reg necessària es dona lloc al marcim temporal de les plantes ja que tal com s'ha descrit, l'estèvia és poc tolerant al dèficit hídric.

1.4.2.2. Multiplicació de l'estèvia

L'estèvia, com moltes altres espècies cultivades, es reproduïx bàsicament de dues formes:

- Per multiplicació sexual, mitjançant la producció de llavor per a la seva sembra posterior.
- Per multiplicació asexual o vegetativa, bàsicament mitjançant esqueixos herbacis però també a través de la divisió de la corona de les plantes de més edat.

1.4.2.2.1. Multiplicació sexual o per llavor

La multiplicació per llavor implica disposar de llavor de qualitat, preferiblement d'una font coneguda i fiable ja que la llavor d'estèvia que hi ha al mercat presenta uns índex de germinació sovint molt baixos, fins i tot per sota del 50% (Goettemoeller, 2010). La producció de llavor per a la seva sembra posterior és una pràctica comú a les zones on l'estèvia pot completar el seu cicle natural però en climes més freds com el nostre ens trobem amb el problema de la formació deficient de la llavor per manca de temperatura.

Segons Casaccia i Álvarez (2006), en un cultiu de producció de llavor és important facilitar la pol·linització creuada entre les plantes ja sigui per mitjà del vent o de les abelles. Així, es recomana que en un cultiu de producció de llavor les plantes estiguin en fileres en un marc de 50 x 20 cm o en fileres dobles en un marc de 30 x 20 x 70 cm. Convé també col·locar arnes d'abelles per afavorir la pol·linització, i si no és possible comptar amb abelles, es recomana sacsejar les plantes dins les fileres per facilitar el creuament i amb ell el poder germinatiu de les llavors.

La conservació de les llavors és crucial i ha de fer-se en un lloc fosc i fresc ja que perden la seva viabilitat si es conserven en condicions ambientals. Si es disposa d'instal·lacions adequades, es recomana guardar-les en bosses de plàstic i a una temperatura de 4°C.

Cal tenir en compte que la multiplicació per llavor ocasionarà segregació genètica i la descendència presentarà característiques que poden diferir de les plantes mare. Això és interessant en programes de millora però no en cultius comercials en els que es busca la màxima homogeneïtat entre plantes. Tal com s'ha dit, la producció de llavor és difícil en latituds com la nostra i per aquest motiu la reproducció per aquest mètode no serà motiu d'estudi en aquest treball.

1.4.2.2.2. Multiplicació asexual o vegetativa

La multiplicació vegetativa de l'estèvia es realitza principalment per mitjà d'esqueixos herbacis, és a dir, fragments de plantes mare que hauran d'arrelar per convertir-se en noves plantes, clons idèntics a aquelles. Igualment, la reproducció vegetativa pot fer-se també mitjançant la separació de fragments de la corona de la planta que

continguin tiges ja arrelades. Aquesta darrera operació s'efectua en plantes mare de més edat les quals han assolit una amplada considerable de corona.

La multiplicació vegetativa és un mètode especialment idoni quan es disposa d'una varietat amb determinades característiques agronòmiques i bioquímiques que es volen mantenir inalterades en el temps.

A l'apartat 1.4.3.2. es detallen les tècniques de reproducció vegetativa que han estat objecte d'estudi en el present treball.

1.4.2.3. Varietats

Pel que fa a la descripció de les diferents varietats, si no s'especifica el contrari, s'ha extret la informació de Casaccia i Álvarez (2006) que es troba a la seva publicació *Recomendaciones técnicas para una producción sustentable del Ka'a He'e (Stevia rebaudiana Bertoni) en el Paraguay*.

Les principals varietats d'estèvia que actualment hi ha disponibles per al conreu són: Criolla o nativa, Eireté i Morita.

1.4.2.3.1. Varietat Criolla o nativa

Aquesta és la varietat tradicional utilitzada al Paraguai i és producte d'una selecció empírica efectuada al llarg del temps pels productors, de manera que presenta certes característiques pròpies. La varietat Criolla és una varietat població de pol·linització lliure que de fet està constituïda per diversos tipus de la planta o genotips, amb característiques morfològiques i fenològiques diferents. Per aquest motiu, aquesta varietat presenta heterogeneïtat en la seva floració, fet que afecta desfavorablement la qualitat de les collites de fulla.

La varietat Criolla és de port més aviat baix, ja que l'alçada mitja és de 60 cm a principis de l'estiu. Segons dades obtingudes al Paraguai, el seu rendiment potencial en condicions experimentals assoleix els 1900 kg / ha de fulla seca l'any, en tres segues, i per una densitat de plantació de 100.000 plantes / ha. En condicions de cultiu comercial amb bones pràctiques agrícoles ofereix un rendiment mig en fulla seca de 1.200 kg / ha / any.

La varietat Criolla pot arribar a un contingut de glicòsids del 14% en pes sobre fulla seca, si tenim en compte la suma d'esteviòsid i de rebaudiòsid A, els dos glicòsids principals que es troben a l'estèvia. El contingut d'esteviòsid suposa per terme mig el 79% d'aquesta suma i el rebaudiòsid l'altre 21%, encara que s'han obtingut proporcions del 83% d'esteviòsid i 13% de rebaudiòsid. En pes sobre fulla seca l'esteviòsid representaria doncs un 11% i el rebaudiòsid A, un 3%. Tal com s'ha explicat en l'apartat 1.2.2., l'esteviòsid té un sabor dolç combinat amb una certa amargor semblant a la regalèssia. Aquest és el sabor de la varietat Criolla, degut a la predominança de l'esteviòsid sobre el rebaudiòsid A, aquest darrer més dolç i sense regust final.

Una característica de la varietat Criolla és que es pot multiplicar per llavor al tractar-se d'una població en equilibri. La descendència correspondrà majoritàriament als tipus de la població mare, encara que hi pot haver recombinacions que poden aprofitar-se per dur a terme alguna selecció de genotipus amb millors característiques.

1.4.2.3.2. Varietat Eireté

Aquesta és una varietat clon, anomenada també clon IAN / VC – 142. Va ser desenvolupada per el *Instituto Agronómico Nacional* del Ministeri d'Agricultura de Paraguai mitjançant un procés de selecció a partir de poblacions tradicionals que va durar des de l'any 1998 fins l'any 2005. El nom Eireté, en llengua guaraní, es refereix a un tipus de mel d'abella de sabor suau. Es tracta d'una varietat seleccionada genèticament i que presenta unes característiques agronòmiques superiors a la varietat Criolla, especialment pel que fa a la composició dels glicòsids totals de la fulla.

La varietat Eireté pot arribar a un contingut de glicòsids del 21 - 22% en pes sobre fulla seca, si tenim en compte la suma d'esteviòsid i de rebaudiòsid A, els dos glicòsids principals que es troben a l'estèvia. En aquesta varietat, el rebaudiòsid suposa per terme mig el 55% i l'esteviòsid el 45% dels glicòsids totals, fet que dona a aquesta varietat un gust més dolç que la varietat Criolla. En pes sobre fulla seca l'esteviòsid representaria doncs un 9 - 10% i el rebaudiòsid A un 12 - 13%.

En tractar-se d'un clon, aquesta varietat ha de ser multiplicada vegetativament i no per llavor ja que la descendència a partir de llavor botànica presenta una gran heterogeneïtat a causa de la segregació genètica. Segons algunes experiències, la descendència a partir de llavor mostra gairebé un 30% de disminució de rendiment en comparació amb la varietat pura.

La varietat Eireté presenta un cicle una mica més llarg que la varietat Criolla (10 – 12 dies) i el seu port és molt superior ja que pot arribar a 1,20 metres d'alçada a principis de l'estiu. La tija està poc ramificada i per tant permet una densitat de plantació superior. Les fulles són més abundants i de més grandària en comparació amb la varietat Criolla. La floració de la varietat Eireté és uniforme, la qual cosa permet efectuar la sega en el moment més oportú pel conjunt de la plantació. El rendiment potencial en condicions experimentals assoleix els 4.990 kg / ha de fulla seca l'any, en tres segues, i per una densitat de plantació de 100.000 plantes / ha. En condicions de cultiu comercial ofereix un rendiment mig en fulla seca de 3.200 – 3.500 kg / ha / any.

1.4.2.3.3. Varietat Morita

És una varietat clon seleccionada genèticament amb l'objectiu d'obtenir un alt rendiment en rebaudiòsid i baix en esteviòsid. Es tracta doncs d'una varietat idònia per produir edulcorant. Tal com succeeix amb la varietat Eireté, aquesta varietat ha de ser multiplicada vegetativament ja que la descendència a partir de llavor no presenta les característiques específiques de la varietat.

La proporció entre els glicòsids en la varietat Morita és pràcticament la inversa de la que es troba en la varietat Criolla. Així, el rebaudiòsid representa aproximadament un 80% i l'esteviòsid un 20% dels glicòsids dolços. El promig de contingut de rebaudiòsid sobre fulla seca és del 10% i el de l'esteviòsid del 1,5 – 2%. Tot i que el contingut en glicòsids totals no és tan alta com en la varietat Eireté, la baixa proporció d'esteviòsid afavoreix la posterior producció d'edulcorant de sabor marcadament dolç sense cap regust a regalèsia.

El rendiment en fulla seca de la varietat Morita és superior a les dues varietats anteriors i es situa dins un interval de 6.000 – 9.000 kg/ha depenent de les condicions de cultiu i del nombre de segues efectuades.

1.4.3. Cicle de cultiu

El cicle de cultiu de l'estèvia es pot dividir de forma general en els següents estadis:

- Reproducció (per llavor o vegetativament) i implantació del cultiu
- Producció de fulla (plurianual)
- Floració i obtenció de llavor

En cultius amb l'única finalitat de producció de fulla seca, l'etapa de floració i obtenció de llavor no s'arribarà a produir.

1.4.3.1. Producció de planter a partir de llavor

1.4.3.1.1. Germinació de la llavor

Ja s'ha esmentat anteriorment que la germinació de les llavors de *S. rebaudiana* és sovint problemàtica (Imatge 1.17). El motiu principal és que les llavors d'estèvia perden la seva viabilitat a temperatura ambient amb relativa rapidesa, motiu pel qual si s'han de guardar les llavors un cop recol·lectades, cal conservar-les en contenidors tancats a 4º C.

La taxa de germinació màxima s'ha fixat en un 90,03 %, però molt rarament s'assoleix aquesta taxa en la pràctica agronòmica. No s'ha constatat encara cap tractament viable que pugui potenciar la germinació de les llavors.

Segons Felipe i Randi (1984), la germinació de les llavors es realitza de forma òptima a una temperatura de 25 °C, assolint així taxes del 63,2 % de la màxima germinació. Goettemoeller i Ching (1999) assenyalen que el temps necessari per l'emergència està relacionat amb la temperatura, i que l'òptim per la germinació de les llavors d'estèvia es situa en 24 °C. L'emergència de les plàntules s'efectua normalment entre els 7 i els 14 dies de la sembra.



Imatge 1.17 Sembra d'estèvia en caixes on el percentatge de germinació ha estat molt baix tot i que tant el substrat com les condicions ambientals eren adequades.

1.4.3.1.2. Sembra i producció de planter

Casaccia i Álvarez (2006), en la seva publicació “Recomendaciones técnicas para una producción sustentable del Ka’a He’e (*Stevia rebaudiana* Bertoni) en el Paraguay”, estableixen unes pràctiques concretes en la producció de planter d'estèvia a partir de llavor.

Així, recomanen que la producció de planter a partir de llavor s'efectuï en taules o bancals d'una amplada que permeti realitzar les operacions manuals necessàries amb facilitat des dels passadissos entre taules. Aquesta amplada pot ser entre 110 - 130 cm. De forma orientativa, per a obtenir plàntules necessàries per 1 ha de cultiu, calen uns 100 m² de superfície de planter. És necessari assegurar l'absència de patògens en el sòl, de manera que si no s'utilitza substrat inert és convenient tractar el sòl mitjançant mètodes físics (aigua calenta, solarització) o químics.

La sembra es pot efectuar a una dosi de 25 - 30 grams de llavor per metre quadrat. No s'aconsella enterrar la llavor ja que necessita llum per a germinar. No obstant, és convenient prémer amb un rodet el terra després de la sembra per a millorar l'adherència de la llavor amb el sòl.

És convenient ombrejar l'àrea del planter amb malla negra plàstica del 50% durant els primers 30 dies. El reg preferible és el de micro-aspersió, amb una freqüència major durant els primers 10 dies (4 regs al dia) per passar després a una freqüència de 2 regs al dia. És important que durant la primera setmana de sembra el substrat tingui humitat uniforme de forma ininterrompuda, ja que si es produeixen intervals de

sequedat en el substrat disminuirà de forma sensible la germinació de les llavors sembrades.

El trasplantament del planter al seu lloc definitiu en camp es produeix normalment als tres mesos de la sembra, moment en què les plantes comencen a florir i al mateix temps, per sota el coll de la planta, es veu que la planta presenta petits brots blanquinosos. Aquests brots corresponen a gemes que seran futures tiges basals i que són característiques d'aquesta espècie tal com es veurà més endavant.

L'època ideal de sembra al Paraguai va des del febrer fins al juny, dades que a l'hemisferi nord corresponen al període que va d'agost a desembre. En un clima subtropical on l'hivern no suposa una parada vegetativa aquestes dates permeten el trasplantament del planter a camp obert en els mesos de maig a juliol, equivalents a l'hemisferi nord al període de novembre a gener, considerats l'època òptima per a iniciar el cultiu en les latituds compreses entre els 22 i 27 graus.

1.4.3.1.3. Plagues i malalties del planter

D'acord amb Casaccia i Álvarez (2006), les principals malalties que poden afectar el planter d'estèvia en els vivers on s'ha efectuat la sembra són les següents:

"Mal del talluelo": produït per diversos fongs fitopatògens del sòl com *Fusarium* spp., *Phytium* spp., *Phytophthora* spp., *Rhizoctonia solani* Kühn, *Sclerotium rolfsii* Sacc. Els símptomes presentats van des de faltes d'emergència, marciment i decoloració de plàntules fins a la seva mort per podriment del coll. Es presenta en rodals dins el planter i especialment en sòls contaminats no tractats i en condicions d'humitat excessiva.

Marciment o podriment violaci: produït pel fong *Rhizoctonia solani* Kühn. Els símptomes es poden veure a les fulles de les plàntules, que prenen un color rosat violaci, i a les tiges on hi ha lesions fosques i profundes. Les plàntules es marceixen i moren.

Seda blanca: causada pel fong *Sclerotium rolfsii* Sacc., que ataca el coll de la plàntula fins a produir el seu marciment i la mort. L'aparença del miceli, d'aspecte cotonós, dona el nom a la malaltia.

Podriment de coll: l'agent causal és el fong *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary, que ataca tant les plàntules com les plantes adultes. En plàntules causa un podriment violaci i en planta adulta origina el podriment del coll i la formació d'esclerocis negres a les fulles inferiors.

Fusariosi: causada per l'agent *Fusarium* spp., es presenta amb símptomes com la clorosi i marciment de les fulles, que romanen a la planta sense caure. La planta detura el creixement i s'asseca.

El control preventiu de les malalties del planter ha d'incloure el tractament correcte del sòl del planter i l'ús d'aigua de reg amb garanties. Es poden realitzar tractaments

preventius setmanalment amb productes que continguin fungicides de contacte com el mancozeb i l'oxiclorur de coure, que convé alternar amb fungicides sistèmics com el propiconazol, carbendazim o benomyl.

Pel que fa a plagues, no s'ha reconegut fins ara cap àcar o insecte responsable d'atacs significatius al planter i que requereixi un control sistematitzat. No obstant, és important inspeccionar periòdicament el planter per detectar danys puntuals causats per mol·luscs (cargols, llimacs...) o per petites aus (Imatge 1.18).



Imatge 1.18 Danys produïts per mol·luscs (cargols i llimacs) en planter d'estèvia. En aquest cas es va aplicar seguidament un mol·lusquicida ecològic en forma de granulat, tal i com es pot apreciar a la foto

L'alternativa a la implantació del cultiu a partir de llavor és l'arrelament d'esqueixos vegetatius per a l'obtenció de noves plantes. Aquesta tècnica s'analitzarà en un apartat específic ja que forma part de l'assaig experimental que s'ha dut a terme en aquest estudi.

1.4.3.2. Producció de planter per multiplicació vegetativa

Casaccia i Álvarez (2006) recomanen disposar les plantes mare en fileres i en un marc de 30 x 30 cm deixant un passadís de 50 cm cada quatre fileres. Els esqueixos haurien de ser de 10 – 15 cm de llargada, amb 4 – 5 nusos i 8 -10 fulles. L'esqueix s'hauria de tallar per l'últim entrenús, a uns 5 mm del darrer nus. Es pot tractar l'esqueix amb un fungicida i amb hormona d'arrelament si es vol incrementar l'índex d'esqueixos viables. L'esqueix es planta clavant-lo en el substrat uns 3 cm com a mínim i enterrant uns dos nusos o més.

Per tal d'evitar la deshidratació dels esqueixos mentre estan en fase d'arrelament es pot optar per un dels següents mètodes:

- Reg intermitent: preferiblement mitjançant micro-aspersió, consisteix en regar els esqueixos dins una franja d'unes 13 hores, des del matí fins al vespre, cada 20 minuts amb regs de 2-3 minuts de duració. Aquest règim es duu a terme durant uns 15 dies i després es passa al règim de reg habitual.
- Túnel de plàstic o cambra humida: els testos o les taules on es troben els esqueixos es reguen fins a saturació i aleshores es cobreixen amb un túnel de plàstic de 120 – 150 microns, de forma que tanqui el més hermèticament possible l'espai on es troben els esqueixos. Després de 22 dies de la plantació es retira de forma lenta el plàstic del túnel a fi d'aclimatar els esqueixos a l'ambient de fora.

La multiplicació per esqueixos es recomana, en la latitud del Paraguai, que es realitzi des d'agost fins al febrer de l'any següent, que segons l'equivalència al nostre hemisferi correspon al període des del febrer fins a l'agost. És a dir, el període per a produir esqueixos comença quan les plantes surten de la parada hivernal, s'estén uns 7 mesos l'any i s'atura quan les plantes mare comencen a florir amb profusió, fet que succeeix el mes de febrer a l'hemisferi sud i al mes d'agost al nostre hemisferi.

1.4.3.2.1 Producció de planter d'estèvia a Pàmies Hortícoles

La reproducció vegetativa és el mètode emprat cada any per Pàmies Hortícoles durant la primavera i l'estiu a fi d'obtenir nou planter d'estèvia. Aquestes noves plantes són emprades bé per trasplantar a taules dins els hivernacles per a producció de planta seca o per trasplantar directament a testos per a la seva comercialització com planta viva. L'experiència acumulada durant aquests anys ha dut als responsables de Pàmies Hortícoles a la pràctica d'unes tècniques ja establertes i que difereixen en alguns aspectes de les recomanacions del Ministeri d'Agricultura del Paraguai (Casaccia i Álvarez, 2006). Certament, aquests procediments fruit en certa manera de la pràctica empírica són susceptibles de millora i per aquest motiu en aquest treball es proposa assajar la introducció d'algunes de les tècniques recomanades pel Ministeri paraguaià.

Tal com s'ha dit, les noves plantes es poden aconseguir vegetativament de dues formes: divisió de corona o esqueix de tija.

La divisió de corona s'efectua a la base de les plantes d'estèvia de dos o més anys, ja que el rebrot cada primavera des de la corona de les plantes dona lloc a brots nous que són fàcils de desprendre i que ja posseeixen petites arrels pròpies (Imatge 1.19).

Aquest mètode ofereix gairebé un 100 % d'èxit de trasplantament ja que els llucs o brots tenen arrels ja formades (Imatge 1.20). Com a contrapartida però, ens trobem amb que l'extracció de brots basals arrelats es redueix el rendiment de collita de les plantes mare ja que la pràctica d'arrencar brots nous des de la base redueix l'amplada de corona de la planta mare. Un altre factor a tenir en compte és que el nombre de brots arrelats que podem obtenir és limitat, ja que de cada planta mare només en poden sortir anualment com a terme mig de 5 a 15 brots arrelats depenent de l'edat i del vigor de la planta.



Imatge 1.19 Obtenció de noves plantes a partir de divisió de la corona durant la primavera.



Imatge 1.20 Trasplantament dels brots amb arrel als contenidors per tal d'obtenir noves plantes d'estèvia per a la comercialització.

L'esqueix herbaci de tija s'obté de tiges vigoroses que tinguin com a mínim uns 25 cm de llargada (Imatge 1.21). Aquestes tiges s'escapcen tallant-ne un fragment d'uns 15 - 20 cm que al seu torn es divideix en diversos bocins que constitueixen els esqueixos. Tot i que el Ministeri d'Agricultura del Paraguai (Casaccia i Álvarez, 2006) recomana per als esqueixos una llargada de 10 – 15 cm, l'experiència a Pàmies Hortícoles ha mostrat que n'hi ha prou amb una llargària d'uns 3 - 5 cm. No obstant això, s'ha de procurar que cada esqueix tingui com a mínim un nus amb dues fulles (Imatge 1.22). Així, de cada tija escollida se'n poden treure fins a quatre o cinc esqueixos.

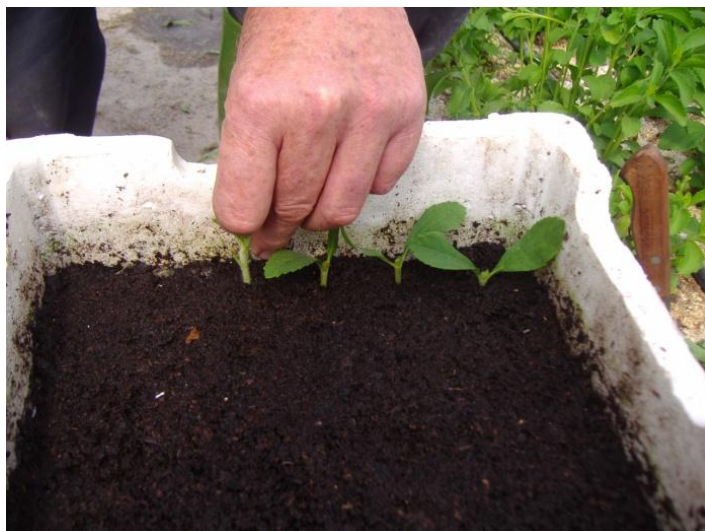


Imatge 1.21 Obtenció d'esqueixos de tija a partir de una planta mare: tall d'un brot vigorós des de la base.



Imatge 1.22 Tija prèviament tallada que s'ha dividit per donar diversos esqueixos. En general, poden sortir de quatre a cinc esqueixos per tija, tots ells amb un nus i dues fulles.

Els esqueixos de tija han de posar-se en un mitjà adequat (Imatge 1.23) a fi que produeixin arrels i puguin ser després trasplantats a un test o directament al sòl. La relativa dificultat que en aquest cas suposa haver de produir noves arrels queda compensada pel fet que els esqueixos de tija es poden obtenir en gran nombre durant bona part de l'any, cosa que no es dona amb els brots de la corona. Així, d'una planta mare podem obtenir durant l'any uns 200 esqueixos de mitjana. Aquest és el tipus d'esqueix utilitzat preferentment a Pàmies Hortícoles i el que serà objecte de l'assaig en aquest projecte.



Imatge 1.23 Plantació dels esqueixos en torba prèviament regada fins a punt de saturació.

L'arrelament dels esqueixos de tija es realitza als hivernacles de Pàmies Hortícoles tradicionalment durant la primavera i consisteix en obtenir els esqueixos de les característiques esmentades manualment i plantar-los immediatament en testos de 10 cm de diàmetre plens de torba regada. Els testos es col·loquen en safates de plàstic en nombre de 15 testos per safata i les safates es posen sobre suports dins l'hivernacle juntament amb el planter d'enciam a fi que es reguin durant el dia amb la mateixa freqüència que el planter, és a dir, cada 20 minuts per mitjà de la barra d'aspersió (Imatge 1.24).



Imatge 1.24 Esqueixos ja arrelats que constitueixen noves plantes fruit de la multiplicació vegetativa.

És important mantenir un ambient d'alta humitat per tal d'evitar la deshidratació dels esqueixos durant el període d'arrelament. Aquesta recomanació coincideix amb el que s'ha observat a nivell pràctic a Pàmies Hortícoles, on la deshidratació dels esqueixos

és el principal problema durant les èpoques de forta calor. En aquestes condicions, l'arrelament és un procés lent que dura unes tres setmanes i amb un percentatge d'èxit que va del 55 al 75 % depenent de factors diversos tals com la manipulació de l'esqueix, la humitat ambiental o les temperatures durant el període d'arrelament.

1.4.3.3. Trasplantament i implantació del cultiu

Segons les recomanacions del Ministeri d'Agricultura del Paraguai (Casaccia i Álvarez, 2006), el planter es trasplanta al cap d'unes 11 - 12 setmanes després de la sembra, és a dir, quan les plantes tenen unes 10 setmanes de vida. Aquest interval pot variar notablement segons les condicions en què ha crescut el planter. Lester (1999) assenyala que l'estèvia es pot trasplantar al seu lloc definitiu al cap de 6 - 7 setmanes des de l'emergència, dada bastant coincident amb el que indica Goettemoeller (2010), que dona l'interval de 8 - 10 setmanes des de sembra fins a trasplantament a lloc definitiu.

En el cas de plantes obtingudes vegetativament, el trasplantament es pot efectuar un cop les plantes assoleixen uns 15 cm i en qualsevol cas sempre que hi hagi un bon desenvolupament radicular en el contenidor o en l'alvèol en què estigui el plançó.

Abans del trasplantament, el planter es pot escapçar a 5 - 7 cm per tal de facilitar la ramificació de la planta a fi que produeixi una mata ampla i espessa enlloc d'una tija dominant que provocaria un port allargassat i un menor rendiment en fulla. Aquesta operació també es pot fer després del trasplantament si el que prioritzem primer és la formació d'arrels al nou terreny.

El marc de plantació ha estat objecte de diversos estudis. En un principi es van utilitzar marcs de baixa densitat (60 x 20 cm) ja que produïen una major quantitat de biomassa, però assajos posteriors van demostrar que una major densitat de plantes (60 x 10 cm) suposava major rendiment en fulla seca (Murayama *et al.*, 1980). No obstant, els assajos duts a terme per Lee *et al.* (1980) van indicar que l'alçada i el nombre de branques per planta no es veien influïts per la densitat de plantació dins uns determinats valors (50 - 70 cm entre fileres i 10 - 30 cm entre plantes) però el rendiment de fulla seca per planta disminuïa al augmentar la densitat.

En la línia dels resultats anteriors, Donalisio *et al.* (1982) van recomanar una densitat de 80.000 - 100.000 plantes per hectàrea, valors límit que corresponen a uns marcs de 70 x 18 cm i de 50 x 20 cm respectivament.

La majoria d'assajos per reduir l'espai entre fileres duts a terme per diversos autors han suggerit que una distància menor a 30 cm impedeix el desenvolupament correcte del sistema radicular (Ramesh *et al.*, 2006).

Altres experiències (Megeji *et al.*, 2005) indiquen que convé efectuar assajos en cada zona a fi de determinar la densitat adequada a cada lloc. Els factors locals com la radiació solar i el tipus de sòl són variables que s'han de tenir en compte a l'hora d'escollir la millor disposició de plantes en camp.

Segons el Ministeri d'Agricultura del Paraguai (Casaccia i Álvarez, 2006), per escollir el marc de plantació adient cal tenir en compte el maneig que es durà a terme durant el cultiu. Igualment, cal tenir en compte les disponibilitats d'aigua ja que en aquell país, és possible el conreu d'estèvia en secà si la pluviometria és superior a 1.500 mm anuals. Així doncs, si el desherbat s'ha de realitzar manualment convé establir fileres simples distanciades un mínim de 50 cm entre elles, que pot combinar-se amb un espai entre plantes de 20 cm, de la qual cosa en resulta una densitat de 100.000 plantes / ha. Si s'utilitza tracció animal per desherbar, l'espai entre fileres ha de ser de 80 cm, i aleshores es reduirà l'espai entre plantes a 12,5 cm per tal d'aconseguir la mateixa densitat de plantes / ha.

Les mateixes recomanacions del Ministeri paraguaià (Casaccia i Álvarez, 2006) estableixen la possibilitat d'un marc amb fileres dobles, especialment quan s'usa reg per degoteig, de manera que una mànega rega dues fileres. Així recomana el marc de 30 x 20 x 70 cm on, entre cada conjunt de dues fileres separades 30 cm entre elles, hi ha 70 cm de pas, i on les plantes es troben a 20 cm dins les fileres. Aquest marc suposa també una densitat de 100.000 plantes / ha. El marc amb fileres dobles és compatible amb l'ús de petits tractors per realitzar el desherbat mecànic.

S'han dut a terme experiències al Paraguai amb plantacions d'alta densitat fins a 200.000 plantes / ha. Per a un bon rendiment en aquestes densitats de cultiu, es fa necessària la utilització de varietats millorades amb port erecte, reg de suport i un programa de fertilització, així com el control adequat de malalties fúngiques.

El trasplantament es pot realitzar de forma manual o bé mecanitzada amb equips de plantació hortícola (Imatge 1.25). S'efectuen orificis de 5 - 10 cm de fondària o bé solcs on es dipositen els plançons. Cal colgar bé les arrels i regar immediatament les plantes ja que l'alta transpiració d'aquesta espècie fa que els plançons siguin especialment sensibles a la manca d'aigua durant els primers estadis d'implantació al terreny.



Imatge 1.25 Trasplantament d'estèvia amb plantadora d'hortícoles.

1.4.3.4. Producció de fulla

1.4.3.4.1. Creixement vegetatiu i nombre de segues

Tal com s'ha comentat, l'estèvia es pot conrear com a planta perenne o anual. En ambdós casos, per tal d'obtenir la màxima producció de fulla i de glicòsids dolços, s'ha vist que pot sotmetre's el cultiu a segues periòdiques dins un mateix cicle o campanya de creixement.

Tant el Ministeri d'Agricultura del Paraguai (Casaccia i Álvarez, 2006) com altres autors (Ramesh *et al.*, 2006) assenyalen que l'estèvia és més aviat una espècie semi-perenne des del punt de vista agronòmic i no pas perenne, i indiquen que el cultiu pot durar uns 5 - 6 anys. Així mateix, aquests autors estableixen que en un cultiu a camp obert, el nombre de segues o talls que es poden efectuar durant el cicle de l'any són dos o tres. No obstant, experiències a l'Índia han constatat que la vida del cultiu pot anar fins a 8 anys, amb un màxim de producció que s'assoleix als 4 anys (Singh i Kaul, 2005)

Després de realitzar-se una sega o tall, la planta emet branques laterals a partir del punt de tall des dels nusos més propers a aquest. Així, s'emeten dos brots vigorosos que corresponen als dos nusos oposats immediatament per sota del tall, així com també alguns brots menys vigorosos corresponents als nusos més inferiors si són viables (Imatge 1.26).



Imatge 1.26 Brots laterals emesos a partir dels nusos per sota del punt de tall en una planta d'estèvia cultivada a l'exterior i segada a finals de juliol.

Paral·lelament, les plantes emeten llucs principals des del coll de la planta, de forma més nombrosa cada any a la primavera i que fan que la planta guanyi amplada i doni un rendiment superior cada any durant els primers 4 anys.

Segons les fonts esmentades del Ministeri d'Agricultura del Paraguai (Casaccia i Álvarez, 2006), el maneig de les segues és cabdal a l'hora d'obtenir el rendiment òptim i per tant haurien de seguir el següent calendari ideal:

Primera sega (uniformització o neteja): en latituds baixes com és al Paraguai, aquesta sega es duu a terme normalment a la sortida de l'hivern (agost – setembre en zones baixes i setembre – octubre en zones més altes), que equivaldria al període entre els mesos de febrer – abril a les nostres latituds depenent de la zona en particular.

En un cultiu establert recentment, la primera sega es denomina d'uniformització i té com a finalitat igualar les mates per a provocar una emissió de brots homogènia en el conjunt del cultiu. Es realitza després d'uns 2 mesos del trasplantament.

En un cultiu de segon any o més, aquesta primera sega és una sega de neteja i té com a finalitat retirar les restes de cultiu que en tot cas no s'havien segat al final del cicle anterior. En aquest cas, el criteri per a dur a terme aquesta primera sega és l'estadi dels brots principals ja que és aconsellable deixar que aquests prenguin força abans de sotmetre'ls a una sega massa primerenca. Aquest primer tall pot suposar fins a un 20% de la collita anual d'un cultiu d'estèvia.

Segona sega: és el tall més productiu, al voltant d'un 45% de la collita total. També el contingut en glicòsids és més alt en aquesta sega que en les altres. Es realitza al Paraguai entre desembre i gener, que equival a juny - juliol al nostre hemisferi.

Tercera sega: suposa al voltant del 35% de la collita anual i es realitza entre març i abril a l'hemisferi sud, que equivaldria a setembre i octubre del nostre hemisferi.

No obstant això, a les nostres latituds (40°) caldria establir els intervals adients per a les diferents segues ja que no es pot considerar la simple equivalència en les dates sinó que cal guiar-se per criteris agronòmics. De la mateixa manera i depenent dels factors ambientals i de maneig, l'experiència a la nostra zona i en concret a l'explotació Pàmies Horticoles demostra que es poden efectuar 4 o més segues enlloc de les 3 assenyalades pel Ministeri d'Agricultura del Paraguai.

El moment ideal per la sega és l'aparició de botons florals o una setmana abans de l'aparició de flors obertes. En aquest moment és quan la fulla presenta el màxim contingut en glicòsids com l'esteviòsid i el rebaudiòsid A.

L'alçada de tall ideal és a uns 5 – 10 cm del sòl i la sega pot efectuar-se amb segadora de dents o manualment amb un talla-bardisses motoritzat. La sega s'ha de realitzar en condicions de temps sec i sense que hi hagi rosada a les fulles.

1.4.3.4.2. Rendiment

La producció de fulla depèn de diversos factors entre els que destaquen la varietat emprada i la disponibilitat d'aigua de reg abundant.

Al Paraguai, els rendiments anuals en fulla seca oscil·len entre els 1500 – 2500 kg/ha en condicions de secà i entre 4000 – 4500 kg/ha en regadiu (Casaccia i Álvarez, 2006). Al Canadà es va obtenir una producció de 3000 kg/ha de forma experimental (Brandle *et al.*, 1998). Taiariol (2004) assenyala unes produccions obtingudes al Japó en un conreu durant 4 anys amb els següents valors: 3000 – 3500 kg/ha (1er any), 4000 – 4500 kg/ha (2n any), 4000 – 6000 kg/ha (3r any) i 4000 kg /ha (4rt any).

Goettemoeller (2010) recull dades de diverses experiències en diferents latituds amb els següents rendiments anuals en fulla seca per a cultius a l'exterior:

- 2300 kg/ha a Ontario, Canadà.
- 2330 kg/ha a Bonn, Alemanya.
- 3290 kg/ha a Bangalore, Índia.
- 3680 kg/ha a Kansas, EEUU.
- 5430 kg/ha a Kiev, Ucraïna.
- 7786 kg/ha a Giza, Egipte.
- 13800 kg/ha a Java, Indonèsia.

Aquestes dades són eminentment orientatives ja que en alguns casos es tracta d'experiències i assajos en superfícies reduïdes. No obstant això, poden servir com a base per a posteriors experiments a major escala.

Singh i Kaul (2005) en experiències dutes a terme a l'Índia indiquen que les produccions de biomassa fresca oscil·len entre les 15 – 20 tones del primer any i les 20 – 30 tones del quart any, que és quan el conreu assoleix el seu màxim productiu. Aquestes produccions van suposar un rendiment mig en fulla seca de 1700, 2000, 2300 i 2500 kg/ha en els quatre primers anys respectivament.

1.4.3.4.3. Post-collita: assecatge i conservació

L'assecatge de les fulles d'estèvia és una operació imprescindible tant si es vol comercialitzar la fulla seca com a producte final o com si es vol processar la planta industrialment per a la producció d'edulcorant. Amb l'assecatge s'assegura una bona conservació de la planta recol·lectada durant el transport i l'emmagatzematge posterior.

La fulla seca de qualitat ha d'esser cruixent i d'un color verd intens i uniforme. Per tal d'assolir la màxima qualitat, el procés d'assecatge ha d'esser ràpid. Això s'acompleix amb calor i moviment d'aire. Un temps d'assecatge massa llarg pot implicar una oxidació del contingut de la fulla amb la conseqüent pèrdua de contingut en glicòsids (Goettemoeller, 2010). Les temperatures massa altes, per altra banda, produeixen una decoloració que disminueix la qualitat òptica de la fulla seca. Diversos autors assenyalen que la temperatura òptima per l'assecatge es troba al voltant dels 43°C, mentre que mai hauria de superar els 50°C.

L'estèvia es pot assecar a l'ombra o a ple sol. Hi ha discrepància entre els autors pel que fa a la pèrdua de qualitat a causa de l'assecatge a ple sol ja que la disminució en el contingut de glicòsids observada en algun estudi podria ser més deguda al temps d'exposició al calor que a la pròpia radiació solar. Així, s'ha observat menys disminució en el contingut de glicòsids en estèvia assecada al sol durant 12 hores que en estèvia sotmesa al forn durant 48 hores (Goettemoeller, 2010).



Imatge 1.27 Assecatge de plantes d'estèvia sobre tela de malla, dins l'hivernacle, a mitjans del mes d'octubre. En aquestes condicions i sense aportació de calor, l'assecatge pot durar uns tres o quatre dies.



Imatge 1.28 Assecatge de plantes d'estèvia sobre safates de malla metàl·lica en un assecador on l'aire prèviament escalfat pel sol circula verticalment i de forma ascendent. Aquest mètode permet assecar satisfactòriament l'estèvia gairebé durant tota la campanya i en un temps més curt que en condicions ambientals.

Un mètode senzill i que dona generalment bon resultat consisteix en estendre l'estèvia tallada sobre tela de malla dins un magatzem o hivernacle amb certa ventilació (Imatge 1.27). En aquest cas, convé girar diàriament el material vegetal a fi d'evitar punts d'humitat en la collita, especialment durant els mesos de tardor en què la humitat ambiental pot ser relativament alta durant algunes hores del dia. Amb aquest mètode, l'assecatge pot trigar entre tres i cinc dies, depenent de les condicions ambientals.

Altres mètodes més efectius poden consistir en la utilització d'assecadors més o menys tecnificats. Un dels sistemes més econòmics consisteix en escalfar aire per mitjà de l'energia solar i conduir-lo per una sèrie de safates on s'hi ha estès l'estèvia verda (Imatge 1.28). Mitjançant assecadors d'aquest tipus es pot reduir notablement el temps d'assecatge, amb la qual cosa es guanya qualitat en el producte final i s'abarateixen els costos de producció.

1.4.3.5. Floració i producció de llavor

L'estèvia tendeix a florir de forma profusa amb l'escurçament del dia. Durant la floració, el contingut de glicòsids de les fulles disminueix progressivament, per tant si busquem la producció d'edulcorant o per finalitats medicinals caldrà segar la planta just abans de la floració o a l'inici d'aquesta (Casaccia i Álvarez, 2006). El manteniment del cultiu sense efectuar-hi la sega més enllà de la floració només estarà justificat en el cas de la producció de llavor. La maduració de la llavor requereix unes condicions climàtiques concretes de temperatura i duració del dia, i es produeix millor entre les latituds 20 i 30°.

Per tal d'assolir una bona producció de llavor, és aconsellable afavorir la pol·linització col·locant arnes d'abelles en la zona de la plantació. Una bona pol·linització creuada dona com a resultat un millor percentatge de llavors viables i un millor poder germinatiu. Segons dades del *Instituto Agronómico Nacional del Ministerio de Agricultura y Ganadería* del Paraguai (Casaccia i Álvarez, 2006), una hectàrea de cultiu d'estèvia destinada a la producció de llavor pot donar entre 100 i 150 kg de llavors cada any, les quals permeten obtenir de 5 a 6 milions de plàntules depenent de la qualitat de la llavor produïda. Això suposa que amb un kg de llavor es poden arribar a produir entre 40.000 i 50.000 plàntules.

1.4.4. Maneig agronòmic del cultiu

A més de la implantació del cultiu i de la collita periòdica de la part verda de la plantes, les principals operacions de maneig en el cultiu de l'estèvia es poden resumir en les següents:

- Fertilització
- Reg
- Control de plagues i malalties
- Control d'adventícies

1.4.4.1. Fertilització

Les necessitats en nutrients de l'estèvia es poden qualificar de baixes o moderades (Goenadi, 1987) ja que el cultiu s'adapta bé a sòls pobres en el seu hàbitat natural al Paraguai. Goettemoeller (2010) assenyala que, tot i que els requeriments de l'estèvia són inferiors a la majoria de plantes hortícoles, en condicions de cultiu comercial és necessari fertilitzar.

S'han fet molt pocs treballs pel que fa al comportament de l'estèvia davant la fertilització, però malgrat això, diversos autors han constatat la resposta positiva de l'estèvia a l'aplicació de fertilitzants tot i en quantitats moderades (Murayama *et al.*, 1980; Lee *et al.*, 1980). Per altra banda, s'han dut a terme estudis en el camp de la nutrició vegetal. Ramesh *et al.* (2006) citen un treball de Katayama *et al.* (1976) on es va determinar que en el moment de màxima acumulació de matèria seca, l'estèvia presentava els següents continguts en macronutrients: 1,4% N; 0,3% P; 2,4% K.

Brandle *et al.* (1998) suggereixen en les condicions a Canadà uns requeriments de 105 kg N, 23 kg P i 180 kg K per a una producció moderada de 7.500 kg de biomassa per ha. Maheshwar (2005) en un assaig dut a terme a Dharwad, Índia, va concloure que les aportacions de 105 unitats de N donaven els millors rendiments en matèria seca comparant-ho amb aportacions menors (60, 75 i 90 unitats de N), fet que suggereix una resposta positiva de la planta davant les aportacions de nitrogen fins a la dosi esmentada.

Altres experiències rellevants les van dur a terme Filho *et al.* (1997), que van establir els requeriments d'una tona de fulla seca al Brasil. Aquests mateixos valors s'utilitzen actualment pel Ministeri d'Agricultura del Paraguai com a extraccions a tenir en compte pels cultivadors (Taula 1.1).

Taula 1.1 Extraccions de macronutrients (kg) per tona de producció de fulla seca d'estèvia

Producció (fulla seca)	N	P	K	Ca	Mg	S
1000 kg	64,6	7,6	56,1	15,8	3,6	3,6

A Bangalore, Índia, Chalapathi *et al.*, (1999) van determinar una resposta positiva en termes de creixement i rendiment de cultiu amb una fertilització de fins a 60-30-45 (NPK) que coincideix sensiblement amb els valors anteriors obtinguts al Brasil.

Pel que fa als micronutrients, de moment es creu que l'estèvia en té un requeriment baix, encara que s'ha comprovat que presenta una certa resposta a l'aportació de certs elements. En experiments duts a terme al Brasil (Filho *et al.*, 1997) van determinar les extraccions de micronutrients d'un cultiu d'estèvia i que són els que es reflexen en la Taula 1.2.

Taula 1.2 Extraccions de micronutrients (g) per tona de producció de fulla seca d'estèvia

Producció (fulla seca)	B	Cu	Fe	Mn	Zn
1000 kg	89	26	638	207	13

Per altra banda, s'ha evidenciat una relació directa entre el nivell de nutrients del cultiu i l'acumulació de glicòsids. Tot i que els requeriments de micronutrients són baixos, s'ha constatat, en experiments amb solucions nutritives, que les aportacions de B augmenten significativament els nivells d'esteviòsid i rebaudiòsid (Sheu *et al.*, 1987). Pel que fa als macronutrients, les carències de Ca, K i S suposen una reducció en la concentració de glicòsids a la fulla.

Les experiències dutes a terme fins ara assenyalen doncs que cal fertilitzar un cultiu d'estèvia si es busca una producció òptima amb uns nivells alts de glicòsids. El programa de fertilització depèn òbviament de l'anàlisi del sòl previ a la plantació. Fonts del Ministeri d'Agricultura del Paraguai recomanen que per cobrir les extraccions d'un cultiu d'estèvia es pot utilitzar un fertilitzant compost com el 15-15-15 i a més clorur de potassi i urea per completar les necessitats de N i K. Igualment, és recomanable l'aplicació després de cada sega, en bandes laterals o en solcs incorporant el fertilitzant al sòl.

1.4.4.2. Reg

Les arrels de l'estèvia presenten poc radi d'expansió i assoleixen poca fondària en la seva exploració del sòl, fets que determinen que sigui una planta força susceptible a l'estrès hídric. La característica herbàcia de l'estèvia i el creixement continu que es dona amb les segues periòdiques durant el seu cicle vegetatiu obliguen a mantenir un nivell alt d'humitat del sòl al voltant de la planta.

Les diverses experiències assenyalen que l'estèvia no es pot cultivar comercialment sense irrigació excepte en llocs amb una precipitació anual elevada, orientativament a

partir d'uns 1400 mm. Igualment, s'ha constatat que un cultiu comercial requereix reg sense limitacions després del trasplantament, així com abans i després de la sega per tal d'obtenir un rendiment òptim del cultiu.

En experiències dutes a terme al Brasil, Fronza i Folegatti (2002) van mesurar l'evapotranspiració (ET) d'un cultiu d'estèvia durant un cicle de 75 dies que es va dividir en tres etapes. L'ET va ser de 6,66 mm/dia durant l'interval entre els dies 25 - 50, de 5,11 mm/dia durant l'interval 26 - 50 dies, i de 5,49 mm/dia en l'interval de 51 a 75 dies. L'ET mitja es va situar doncs en 5,75 mm/dia.

El coeficient de cultiu K_c és el ràtio entre l'ET real i la potencial. Fronza i Folegatti (2002) van determinar en condicions de cultiu a Itàlia un K_c de 1,45 en els primers 25 dies, mentre que dels 25 als 80 dies el K_c es situava al voltant de 1,15.

El Ministeri d'Agricultura del Paraguai assenyala de forma orientativa una necessitat hídrica de 5 mm diaris i una freqüència de reg de 3 dies en sòls arenosos i de 5 dies en sòls franc-argil·losos.

Els sistemes de reg preferits són el degoteig i l'aspersió (Imatge 1.29), ja que permeten una dosificació acurada i una eficiència major. S'han de descartar els sistemes d'inundació per la poca tolerància de l'estèvia a l'entollament.



Imatge 1.29 Cultiu d'estèvia a l'exterior amb reg per aspersió.

Cal remarcar que l'aigua de reg ha de tenir una bona qualitat degut a la sensibilitat de l'estèvia a l'excés de sals i al pH alt.

1.4.4.3. Control de plagues i malalties

Les plagues i malalties de l'estèvia durant el seu creixement vegetatiu són bàsicament les que la poden afectar ja en la seva fase de planter.

Entre les malalties més comunes hi trobem (Casaccia i Álvarez, 2006):

Seda blanca: causada pel fong *Sclerotium rolfsii* Sacc., que ataca les plantes adultes i pot causar una mortalitat alta. El fong presenta un miceli d'aspecte cotonós que ataca el coll de la planta. Aquest fong té una persistència llarga al sòl i convé per tant dur a terme un control preventiu. El tractament indicat són els fungicides sistèmics com la carbendazima.

Taca foliar o septoriosi: causada pel fong *Septoria steviae* Speg., presenta com a signes petites taques foliars de color marró, forma irregular i aureola groguenca. L'afavoreixen les condicions combinades d'alta humitat (pluges freqüents, boires i rosades) amb temperatura elevada. També és afavorida pel mal drenatge del sòl i la manca de ventilació dins el cultiu. En cas d'atac es recomanen dos tractaments abans de cada sega, amb un fungicida sistèmic com el propiconazol o amb sulfat de coure.

Taca negra o alternariosi: causada pel fong *Alternaria steviae*. Els signes que presenta són taques més grans que en el cas de la septoriosi i que es desenvolupen al marge de les fulles. Pot arribar a atacar tiges i flors. En atacs forts provoca defoliació de la part inferior de la planta. L'afavoreixen la humitat i temperatures altes. Són eficaços els tractaments amb clortalonil.

Oïdi o cendrosa: causat pels fongs del gènere *Oidium*. Els signes són taques blanques a les fulles i tiges. Les parts atacades s'esgrogueeixen i finalment es necrosen. Es pot tractar amb fungicides com el propineb o el folpet.

En el control dels fongs s'han d'incloure mesures preventives com són:

- no plantar en parcel·les que l'any anterior hagin estat ocupades per cultius sensibles a malalties que afecten l'estèvia, com per exemple tomàquet o maduixa
- tractar el planter abans de la plantació amb un fungicida
- efectuar aplicacions preventives sempre que hi hagi condicions d'humitat i temperatura altes

Pel que fa a les plagues, s'han observat atacs per sota del llindar de tractament d'espècies com la mosca blanca, pugons i aranya roja (Thomas, 2000). En camps experimentals a l'Índia, Megeji *et al.* (2005) van observar la presència de pugons i mosca blanca, però que no van ocasionar danys visibles.

En experiències efectuades a Cuba, Rodríguez *et al.* (2007) van observar atacs de minadors del gènere *Agromyza*, així com de crisomèlids, encara que amb baixa afectació. No obstant aquestes observacions, tot indica que fins a la data cap d'aquestes plagues ha representat un problema per a les plantacions comercials d'estèvia.

1.4.4.4. Control d'adventícies

El cultiu de l'estèvia ha d'estar, en la mesura possible, ben net d'adventícies ja que aquestes competeixen fortament per l'aigua i els nutrients. El poc vigor i extensió del sistema radicular de l'estèvia fa que tingui una baixa capacitat per competir contra altres plantes del seu entorn. Aquest fet és especialment greu durant els primers estadis de creixement i també durant els 20 – 30 dies posteriors a cada sega. La lentitud en el creixement de les plàntules d'estèvia durant la implantació del cultiu és un dels factors que més afavoreix la invasió de les plantacions per part de diferents adventícies.

Així doncs, les adventícies poden constituir un greu factor limitant en el conreu de l'estèvia si no es controlen degudament, ja que a més de reduir la implantació i el creixement vegetatiu del cultiu, en dificulten la collita i en redueixen la seva qualitat.

Les labors per controlar les herbes adventícies són un aspecte fonamental en les pràctiques agronòmiques de gestió d'un cultiu d'estèvia. Les diferents tècniques per a dur a terme aquest control es poden sintetitzar en:

- Control químic amb herbicides
- Control mecànic
- Plantació d'alta densitat
- Cobertura del sòl amb materials naturals o bé sintètics

La literatura sobre l'ús d'herbicides químics en el cultiu d'estèvia és minsa, i especialment no hi ha massa dades referents a herbicides segurs per a aquest cultiu.

Andolfi *et al.* (2002) van indicar que l'estèvia és tolerant la trifluralina. El Ministeri d'Agricultura del Paraguai recomana aquest herbicida abans del trasplantament i abans de l'emergència de les adventícies en dosi de 2 L/ha per tal de controlar gramínies i algunes dicotiledònies. Aquest mateix organisme recomana igualment l'oxifluorfen en dosi de 2 – 3 L/ha abans del trasplantament pel control d'herbes de fulla ampla.

En post-emergència del cultiu i de les adventícies, els herbicides que es poden usar per monocotiledònies i que no afecten l'estèvia són el cletodim, el fluazifop-p-butil i l'haloxifop-R.

Pel control d'herbes de fulla ampla en post-emergència cal aplicar els herbicides de forma dirigida per no afectar el cultiu d'estèvia. Al Paraguai s'han obtingut molt bons resultats amb la carfentrazona-etil. Tot i tractar-se d'un herbicida de contacte, encara que hi hagi accidentalment deriva cap al cultiu i es cremin les fulles la planta rebrotarà al cap de pocs dies sense morir.

El control mecànic de les adventícies en cultius d'estèvia al seu país d'origen, Paraguai, es realitza manualment, amb animals, o amb tractor. Els costos de la mà d'obra són determinants per a que es pugui efectuar un mètode o l'altre. Sigui quin

sigui el mètode emprat, és important tenir en compte que les plantes d'estèvia són sensibles al trencament de branques i també a les lesions del coll. En cultius al Paraguai s'ha observat una mortalitat del 3 al 10 % després d'una labor de desherbat mal realitzada o feta amb poca cura.

Altres mètodes culturals que podem emprar de cara a controlar les herbes són la densitat de plantació i la cobertura del sòl.

Experiències dutes a terme per Basuki (1990) van demostrar que una alta densitat de plantació (200.000 plantes per ha) combinada amb l'ús d'encoixinat de plàstic negre va assolir un control efectiu de les adventícies.

Al Paraguai és corrent l'ús de cobertura vegetal morta per tal de reduir la presència d'adventícies. Les gramínies i pastures de port alt i les restes de cultius són alguns dels materials més usats. A banda d'evitar la proliferació d'herbes, s'han observat els següents avantatges derivats de l'ús de cobertura vegetal o *mulch* en els cultius d'estèvia:

- conservació de la humitat del sòl
- disminució de la temperatura del sòl a l'estiu
- aportació de matèria orgànica i nutrients al sòl
- millora de la sanitat del cultiu
- collites més netes amb menys terra a les fulles del cultiu
- major longevitat del cultiu

És important anar afegint material vegetal a mesura que es vagi descomponent el que es troba en el camp, que preferiblement haurà de cobrir tot l'espai entre línies a fi d'assolir el millor benefici possible d'aquesta pràctica.

1.4.4.5. Cultius associats

A les latituds on és originària l'estèvia, amb clima subtropical, és possible associar un adob verd durant l'hivern mentre l'estèvia atura el seu creixement. Al *Instituto Agronómico Nacional* del Paraguai s'ha assajat amb èxit el cultiu del llobí o tramús blanc (*Lupinus albus*) com adob verd associat a l'estèvia. La sembra del llobí es fa després del darrer tall d'estèvia, enmig de les fileres del cultiu acabat de segar. El llobí es desenvolupa normalment i als quatre mesos es sega deixant-lo a la superfície del sòl, entre els rengs d'estèvia. En cas que hi hagi cobertura vegetal morta, es pot sembrar el llobí amb sembradora de sembra directa.

Amb aquest cultiu associat, l'estèvia rep l'aportació del nitrogen fixat al sòl pel llobí, el sòl s'enriqueix amb la matèria orgànica d'aquesta lleguminosa, i a més s'evita la germinació i el creixement d'adventícies gràcies a la cobertura que dona el llobí. S'ha comprovat que després d'aquest cultiu associat, l'estèvia rebrota amb més vigor i el primer tall proporciona una major producció.

1.5. Marc legal, promoció i comercialització

1.5.1. Marc legal de l'estèvia

L'ús de l'estèvia i dels seus productes derivats ha estat envoltada de una controvertida polèmica des de la seva aparició.

Als EEUU l'estèvia i els glicòsids d'esteviol estan autoritzats com suplement dietètic des de l'any 1995. No obstant això, no poden ser identificats com edulcorants, en el que s'interpreta per molts com el fruit de la pressió dels lobbys i empreses del sector dels edulcorants (Gates, 1997).

A l'UE, l'estèvia i els seus derivats van estar catalogats des d'un principi com un producte dins la qualificació de *Novel Food*, fet que suposava haver de demostrar la seva innocuïtat en tractar-se d'un producte no utilitzat tradicionalment en l'alimentació humana. Aquest obstacle ha fet que no s'hagi pogut començar a comercialitzar de forma oberta fins l'any 2011, després de una intensa labor per part d'algunes associacions a fi de demostrar que l'estèvia no suposa cap risc per a la salut humana.

En els següents paràgrafs s'exposa un breu resum cronològic per tal de donar una idea del debat que hi ha hagut aquests darrers anys al voltant de l'estèvia i els seus derivats. Aquest debat que no ha estat exempt de polèmica degut a la pressió que s'ha efectuat en ambdós sentits per part de personalitats científiques, empreses del sector alimentari i associacions de consumidors.

L'any 2000, la Comissió Europea es va negar a autoritzar l'estèvia i els glicòsids d'esteviol com a additiu alimentari, adduint manca de suficient informació científica i degut a les contradiccions entre alguns estudis existents pel que fa a la toxicologia de l'esteviol.

Després de reiterades sol·licituds per part de l'Associació Europea de l'Estèvia (EUSTAS), el mes de juny de 2004, la JECFA (*Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives*) va concloure que l'esteviòsid i el rebaudiòsid A no són genotòxics in vitro o in vivo i que la genotoxicitat de l'esteviol i la d'alguns dels seus derivats in vitro no s'expressa in vivo. La NOEL (*No observable effect level*) per l'esteviòsid es va determinar en 970 mg/kg de pes corporal i dia, a partir d'un estudi a llarg termini sobre carcinogènesi en rata avaluat pel Comitè.

El juny de 2008 la JECFA va determinar que els estudis toxicocinètics demostren que l'esteviòsid i el rebaudiòsid A s'absorbeixen molt poc, però que són hidrolitzats per la flora intestinal a esteviol, el qual s'absorbeix bé. Després de l'absorció, l'esteviol es metabolitza principalment a glucurònid d'esteviol el qual es excretat per l'orina. El Comitè va concloure que les noves dades aportades eren suficients per permetre un factor addicional de seguretat igual a 2 i va establir per als glicòsids d'esteviol una ADI (*Acceptable daily intake*) o ingesta diària acceptable de 0 – 4 mg per kg de pes corporal expressada en contingut d'esteviol.

El març de 2010 l'EFSA (*European Food Safety Authority*), després de considerar diverses dades com l'estabilitat, productes de degradació, metabolisme i toxicologia, estableix una ADI pels glicòsids d'esteviol de 4 mg/kg pes corporal. Els glicòsids d'esteviol d'aquesta avaluació consisteixen en barreges de glicòsids amb un contingut igual o major al 95% d'esteviòsid i/o rebaudiòsid A. D'aquesta manera es prepara ja una posterior aprovació per part de l'UE pel que fa als edulcorants de l'estèvia de certa puresa.

El mes de juliol de 2011, la Comissió Europea mitjançant el seu Comitè d'Alimentació i Salut Animal va aprovar l'ús dels glicòsids d'esteviol com a additiu alimentari dins la Unió Europea. Fruit d'aquest vist-i-plau, es va trametre una proposta de legislació al Consell i al Parlament Europeu a fi de regular definitivament l'ús dels edulcorants d'estèvia dins la UE.

El Reglament 231/2012 de la Comissió Europea, pel qual s'estableixen les especificacions per als additius alimentaris que figuren al Reglament (CE) 1333/2008, inclou definitivament els glicòsids d'esteviol i els assigna el codi E 960. A més, fixa el contingut mínim de glicòsids d'esteviol en el 95% del producte sec.

Conseqüentment a aquesta reglamentació comunitària en la que finalment s'aproven els glicòsids d'esteviol, es preveu una forta implantació d'aquests edulcorants naturals durant els anys vinents, que fins i tot podrien deixar en segon terme els edulcorants artificials que tradicionalment ha usat la indústria alimentària.

1.5.2. Organitzacions pel foment i la promoció de l'estèvia

1.5.2.1. European Stevia Association (EUSTAS)

L'Associació Europea de l'Estèvia, en anglès *European Stevia Association* (EUSTAS), és una organització sense ànim de lucre creada l'any 2006 per iniciativa privada del professor Dr. Jan M.C. Geuns, cap del Laboratori de Biologia Funcional de la Universitat de Lovaina conjuntament amb els responsables de l'empresa alemanya Medherbs i els responsables de l'empresa espanyola Anagalide, ambdues dedicades a l'obtenció de productes derivats de l'estèvia.

EUSTAS té com a objectius principals la promoció i coordinació de les activitats d'investigació en relació a l'estèvia i els seus compostos, amb la finalitat de demostrar que són segurs per al consum humà. Igualment, dins la seva tasca té una gran importància la consecució de l'admissió de l'estèvia com edulcorant per part del Comitè Científic per a l'Alimentació de la Comissió Europea.

Les finalitats d'EUSTAS es poden resumir com segueix:

- Promoure els productes derivats de l'estèvia entre els consumidors, autoritats públiques i la societat en general.
- Recolzar la investigació, desenvolupament i innovació (I+D+i) a les universitats, centres d'investigació públics i privats, a fi de millorar el coneixement de les

característiques agronòmiques de l'estèvia, el procés industrial, les aplicacions en l'alimentació humana i animal, així com altres aplicacions científiques i tècniques.

- Facilitar a les autoritats de la Unió Europea la informació necessària per tal d'autoritzar el consum de la planta estèvia i els seus compostos dins la UE.
- Recollir i mantenir tota la informació disponible sobre l'estèvia i posar-la a disposició del públic.
- Definir criteris de qualitat i mètodes d'anàlisi per a l'estèvia i els seus extractes i formulats.
- Definir criteris pel control i avaluació dels productes formulats d'acord amb la nova informació científica.
- Definir criteris i protocols per al desenvolupament d'estudis epidemiològics, toxicològics i de metabolisme.
- Definir els criteris i regulacions d'una Etiqueta de Qualitat Europea de l'estèvia i els seus productes derivats.

EUSTAS ofereix informació al seu web http://www.eustas.org/engl/index_engl.html

1.5.2.2. World Stevia Organisation (WSO)

L'Organització Mundial de l'Estèvia, en anglès *World Stevia Organisation* (WSO), és una organització internacional sense ànim de lucre creada l'any 2010 amb ocasió de la primera conferència sobre estèvia organitzada per la SFA. La WSO és de fet el resultat de la coordinació entre comitès de l'SFA (Societat francesa d'antioxidants), l'ISANH (Societat internacional d'antioxidants, nutrició i salut) i la JSA (Societat japonesa d'antioxidants) en la seva cerca de noves estratègies per tal de prevenir malalties cròniques com l'obesitat i la diabetis.

Els principals objectius de la WSO són els següents:

- Avançar en la cerca d'aplicacions pràctiques de l'estèvia i altres edulcorants naturals baixos en calories.
- Analitzar i aportar recomanacions als membres de l'organització, professionals de la salut i institucions al voltant de les novetats pel que fa a l'estèvia i els edulcorants naturals.
- Promocionar els beneficis de l'estèvia pel que fa a la salut i la nutrició.
- La transferència dels resultats de les investigacions cap a les aplicacions clíniques, farmacèutiques, nutricionals i nutracèutiques.
- Donar suport a les empreses en la consecució de formulacions d'estèvia.
- Servir de pont entre els productors i els consumidors d'edulcorants naturals.
- Coordinar el coneixement sobre l'estèvia i els edulcorants naturals a nivell internacional.

- Fomentar la comunicació entre investigadors, metges, nutricionistes, industrials i gerents de marketing mitjançant una xarxa establerta per aquest fi.
- La coordinació dels congressos internacionals sobre l'estèvia.
- Oferir un fòrum per discussions sobre els darrers descobriments sobre l'estèvia per mitjà de publicacions internacionals i d'Internet.

La WSO ofereix informació actualitzada per mitjà del seu web <http://www.wso-site.com/>

1.5.2.3. International Stevia Council

El Consell Internacional de l'Estèvia, en anglès *International Stevia Council*, és una associació de comerç d'àmbit mundial que representa els interessos de les empreses que processen i/o comercialitzen productes d'estèvia. Té l'oficina principal a Brussel·les i una oficina a Washington per cobrir el continent americà. Es tracta d'una organització sense ànim de lucre registrada als EE.UU i creada el juliol de 2010 per onze membres fundadors, entre els quals es troben les empreses multinacionals Cargill, Pure Circle Limited, Corn Products International, així com l'empresa japonesa Morita Kagaku Kogyo Co. Ltd. que va ser pionera en l'obtenció dels productes edulcorants d'estèvia.

L'objectiu del Consell Internacional de l'Estèvia és el de convertir-se en un referent per a la indústria dels edulcorants d'estèvia en tot el que fa referència a la promoció, regulació legal, mètodes analítics i controls de qualitat per tal d'assolir els nivells adequats en seguretat alimentària.

El Consell Internacional de l'Estèvia ofereix informació actualitzada mitjançant el seu web <http://www.internationalsteviacouncil.org/>

1.5.2.4. Global Stevia Institute

L'Institut Global de l'Estèvia, en anglès *Global Stevia Institute* (GSI), va ser creat a principis de 2011 per la multinacional Pure Circle Limited amb la finalitat de promocionar els productes derivats de l'estèvia i de subministrar informació contrastada al públic en general. Entre els destinataris a qui el GSI es proposa arribar s'hi troben professionals de la salut, fabricants de begudes i aliments, legisladors públics, mitjans de comunicació i consumidors finals. L'Institut Global de l'Estèvia pretén liderar el procés d'educació i acceptació que porti a l'estèvia a ser finalment un producte de consum ampli. El GSI disposa d'un Consell Assessor format per professionals reconeguts internacionalment dins l'àmbit mèdic i de la nutrició, els quals s'encarreguen de proporcionar la informació adient a professionals, fabricants i consumidors.

L'Institut Global de l'Estèvia disposa d'un web amb informació actualitzada on també s'ofereix un butlletí: <http://www.globalstevia institute.com/en/Default/AboutStevia.aspx>

1.5.3. Productes de l'estèvia.

Si bé l'estèvia és més popular des de fa uns anys a determinats països d'Amèrica o l'Àsia que a Europa, al nostre continent s'està produint ja un fort augment en el seu ús fruit de la recent aprovació per part de les autoritats de la Unió Europea.

El desenvolupament de l'estèvia com a cultiu a les nostres latituds depèn dels productes que comercialitzin dins la Unió Europea, de l'acceptació que tinguin i de la viabilitat econòmica de produir-los a partir de matèria prima conreada a Europa davant les importacions de tercers països. A més de la competitivitat en relació al preu, és important el factor qualitatiu ja que sovint el producte procedent de països llunyans no assoleix el nivell de qualitat i garantia que ofereix l'estèvia conreada a casa nostra.

Actualment es troben al mercat diversos productes obtinguts a partir de l'estèvia i que d'acord amb el seu grau d'elaboració es poden classificar bàsicament en tres grups:

- Fulla seca
- Extractes en pols i cristal·lins
- Altres productes elaborats

La imatge 1.30 ens mostra alguns dels productes actualment comercialitzats dins la Unió Europea.



Imatge 1.30 Alguns productes derivats de l'estèvia que es comercialitzen a l'UE actualment: comprimits edulcorants, pasta dentífrica, extracte cru i extracte refinat en pols.

1.5.3.1. Fulla seca

La fulla seca d'estèvia consisteix senzillament en la part aèria de la planta ja assecada, un cop s'han eliminat les branques i tiges més gruixudes. És un producte que pot presentar una gran variabilitat en la seva composició ja que a més del seu ingredient

principal que són les fulles, s'hi troba sovint una proporció més o menys gran de tiges primes, botons florals, flors i fins i tot llavors. La fulla seca d'estèvia pot presentar-se sota diferents graus de manipulació: fulla sencera, fulla esmicolada i fulla polvoritzada. La fulla sencera requereix un procés posterior per arribar al consumidor final ja que aquest demana generalment com a mínim la presentació en forma de fulla esmicolada que faciliti el seu ús directe per infusions o per formar part d'una barreja amb altres plantes medicinals.

La composició d'aquest producte dependrà principalment del moment en què s'hagi efectuat la sega pel que fa a l'existència o no de flors, botons florals i llavors. Pel que fa a la presència en grau divers de fragments de tija, hi té molt a veure la cura en la manipulació, trituració i en concret el tipus de porgador utilitzat per tamisar finalment el producte. Un altre aspecte que cal evitar és la presència de fragments d'altres plantes, generalment adventícies que han crescut durant el conreu d'estèvia. Si no s'eliminen abans de la sega, aleshores es fa difícil la seva separació amb posterioritat a la collita.

Finalment, pel que fa a la qualitat visual és molt important el color del producte, ja que el consumidor prefereix la fulla seca d'un color verd viu i uniforme. Una proporció alta de fulles de color marró donarà una baixa qualitat visual i també organolèptica al conjunt del producte. Cal evitar les fulles ennegrides ja que pot ser indicatiu de malalties durant el conreu o de podridures degut a un mal assecatge.



Imatge 1.31 Fulla d'estèvia seca procedent del Paraguai mitjançant un importador alemany. La seva presentació és a granel en capsas de 15 kg. Es pot apreciar la diferència entre el contingut de dues capsas de la mateixa comanda, l'una amb fulla de color verd que dona constància d'un procés d'assecat correcte mentre l'altra capsa conté fulla de color marró probablement a causa d'un assecat en condicions poc controlades o desfavorables.

L'experiència obtinguda durant l'elaboració d'aquest estudi arrel de diverses compres de fulla seca d'estèvia provinent de Paraguai durant el període 2009 - 2011 demostra que actualment fins i tot un mateix proveïdor presenta una gran variabilitat del producte que fa difícil el manteniment d'una qualitat constant, si més no visual, que generi la confiança i la fidelitat dels clients consumidors de fulla seca d'estèvia (Imatge 1.31). Aquest és un punt important que cal adreçar en un futur i que possiblement es pugui

resoldre establint uns canals de comercialització transparents i on els controls de qualitat estiguin estandarditzats i siguin duts a terme amb el rigor i professionalitat adients.

Diversos importadors europeus comercialitzen la major part de la fulla seca d'estèvia que es consumeix actualment a Europa. La distribució d'aquest producte es realitza principalment mitjançant venda directa des dels portals virtuals de les empreses importadores o d'empreses intermediàries entre l'importador i el client final. Si bé hi ha també un cert grau de distribució mitjançant el comerç detallista, principalment del tipus herbolari o botiga dietètica, la manca de regulació legal fa que hi hagi encara certa reticència per part d'aquest comerciants a la venda d'estèvia en forma de fulla seca.

La major part de la fulla seca d'estèvia que es consumeix a Europa prové del Paraguai i del Brasil. La fulla pot presentar-se sencera, esmicolada o fins i tot polvoritzada, i el preu variarà lleugerament segons la manipulació que s'hi hagi efectuat, essent la fulla polvoritzada la que té un preu més alt. La comercialització es pot realitzar en format granel o en envasos de quantitats diverses, essent els més freqüents els de 1.000, 500 i 100 grams.

Tal com s'ha comentat, la qualitat d'aquest producte és altament variable. El procediment d'assecat en origen és generalment molt rudimentari ja que en molts casos les plantes es deixen assecar al sol amb la conseqüent pèrdua de color i qualitats organolèptiques, a més de propietats medicinals per la possible fermentació i deteriorament de la matèria vegetal.

1.5.3.2. Extractes en pols

Els extractes en pols són productes obtinguts mitjançant un procediment industrial a partir de les fulles seques de l'estèvia. Aquests extractes poden ser bàsicament de dos tipus: cru i refinat, depenent del procés d'extracció a que han estat sotmeses les fulles.

L'extracte cru s'obté mitjançant dissolució de les fulles en aigua i posterior assecatge i polvorització. És de color marró i d'un sabor que recorda la fulla d'estèvia, però amb una dolçor més concentrada. Els extractes crus que hi ha al mercat poden tenir un contingut de glicòsids d'estevioli al voltant del 25% en pes. Es consideren extractes naturals que per tant conserven la major part de les propietats terapèutiques de l'estèvia.

L'extracte refinat es el producte final d'un procés més elaborat que inclou extracció amb aigua i alcohol, floculació i precipitació del material dissolt, filtracions i evaporacions del dissolvent, adsorció amb resines especials seguit d'una depuració mitjançant intercanvi catiònic, per finalitzar amb una filtració i concentració de l'extracte mitjançant cristal·lització. El resultat és un pols cristal·lí blanc amb una riquesa mínima del 95% en glicòsids d'estevioli, fet que el converteix en un producte unes 300 vegades més dolç que la sacarosa.

La imatge 1.32 mostra els tres productes bàsics que es deriven de la planta de l'estèvia. Per una banda, la fulla seca per ús directe en infusió i per l'altra els productes fruit de l'extracció que són principalment l'extracte cru en pols de color marró i l'extracte refinat que és de color blanc i generalment d'estructura cristal·lina.



Imatge 1.32 Els tres productes bàsics derivats de l'estèvia, d'esquerra a dreta: fulla seca per infusió, extracte cru en pols i extracte refinat cristal·lí.

1.5.3.3. Altres productes elaborats

A partir de l'extracte refinat amb un contingut del 95% o més de glicòsids d'esteviol s'elaboren diversos productes edulcorants que es comercialitzen en diferents formats per tal de facilitar la seva dosificació. Durant l'any 2012 han anat sortint al mercat diversos edulcorants basats en els glicòsids d'esteviol, en formats i composicions diverses per tal d'oferir una alternativa al sucre i als edulcorants artificials ja existents.

Els edulcorants que probablement assoliran un ús més ampli són els productes granulats que simulen la textura del sucre blanc. Aquests productes es presenten com a substituïts del sucre tant en la dolçor com en el maneig a fi de facilitar el seu ús per part del consumidor. Com que els extractes refinats de l'estèvia tenen una dolçor molt elevada en comparació amb el sucre blanc, es fa difícil la seva dosificació per part del consumidor, pastilles i solucions líquides que s'administren en conta gotes. En el cas de les pastilles, és freqüent el format de comprimits de 60 mg a l'estil de les conegudes pastilles de sacarina. Els excipients utilitzats solen ser bicarbonat de sodi i citrat de sodi monobàsic, productes que no afecten l'índex de glucèmia dels consumidors.

Igualment, hi ha edulcorants a base d'eritritol, maltitol o xil·litol, i que incorporen un percentatge de glicòsids d'esteviol a fi de comercialitzar-los sota el nom d'estèvia amb la imatge de producte natural i beneficis per la salut, tot i que el percentatge d'estèvia

és sovint molt petit. Entre aquests productes hi trobem les conegudes marques *Natreen* i *Truvía*, aquesta darrera produïda per la multinacional Cargill.

Igualment, existeixen en el mercat pastes dentífriques que inclouen extracte de fulla d'estèvia aprofitant la seva acció anticàries i desinfectant, com és el cas de la marca *Biodent* de l'empresa alemanya Terra Natura.

2. Objectius

L'objectiu general d'aquest projecte fi de carrera consisteix en l'estudi agronòmic i la caracterització de determinats paràmetres en relació amb el cultiu de la planta *Stevia rebaudiana* Bertoni a la zona de Balaguer, tant en camp obert com en condicions de cultiu protegit sota hivernacle.

Es plantegen doncs diversos objectius que de forma breu s'enumeren a continuació:

- Estudi del comportament agronòmic de l'estèvia en les condicions de la zona de Balaguer
- Estudi de la resistència al fred i efectivitat d'alguns mètodes de protecció
- Millora en els mètodes de multiplicació vegetativa per arrelament d'esqueixos
- Seguiment i caracterització de la producció sota hivernacle

3. Materials i mètodes

Per a la consecució dels objectius assenyalats, es van realitzar els següents assajos i experiències:

Resistència al fred:

- Assaig a l'exterior amb tres tractaments i tres repeticions (hivern 2008-09)
- Comptatge de supervivència amb cinc repeticions en dues parcel·les a camp obert (hivern 2009-10)

Multiplicació vegetativa per arrelament d'esqueixos (primavera 2009):

- Assaig amb quatre tractaments i dos repeticions en contenidors tipus caixa
- Prova amb dos tractaments en safata d'alvèols

Produccions sota hivernacle (campanya 2009):

- Seguiment de produccions en tres bancals de diferent edat del cultiu
- Mesura de dades del cultiu (radiació fotosintètica interceptada i alçada de les plantes)

3.1. Condicions experimentals

3.1.1. Localització dels assajos

Tots els assajos efectuats, tants els de supervivència com els d'arrelament, així com també el seguiment de producció sota hivernacle es van dur a terme a l'explotació agrícola anomenada "Pàmies Hortícoles" a Balaguer, a la comarca de La Noguera. Aquesta explotació es troba situada a la marge dreta del riu Segre, a la Partida Primera Marrada, uns 2 km al sud del casc urbà de Balaguer (Imatge 3.1) i està gestionada pels germans Josep i Miquel Pàmies Breu.

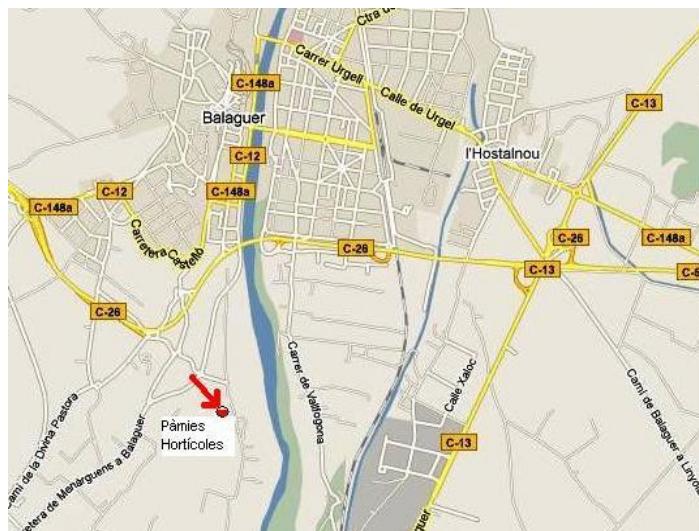
L'explotació està formada per parcel·les de propietat dels germans Pàmies i d'altres en règim d'arrendament. En total hi ha unes 11 ha de superfície agrària útil, ocupades en la seva totalitat per conreus hortícoles, principalment de fulla (enciam, escarola, col xina, i fulles de diverses espècies hortícoles per a composició d'amanides). A més d'aquests conreus, destaca també per la seva novetat la producció de flors comestibles i de determinades plantes medicinals.

La parcel·la principal, on es troben els hivernacles i on es van realitzar les plantacions experimentals, és la parcel·la cadastral número 73 del polígon 2 del terme de Balaguer. Les coordenades geogràfiques del bancal concret on es va realitzar l'assaig sobre supervivència són les següents:

X UTM (m): 317636

Y UTM (m): 4627355

L'altitud de l'explotació és d'uns 220 metres sobre el nivell del mar.



Imatge 3.1 Plànol de situació de l'explotació agrària Pàmies Hortícoles SL, ubicada al sud del casc urbà de Balaguer, entre la C-12 i el riu Segre. Escala aprox.: 1:40.000 (Font: Google Maps)

3.1.2. Característiques climàtiques

Per a l'estudi de les dades climàtiques s'han emprat les dades de l'estació automàtica de Vallfogona de Balaguer, a la comarca de La Noguera, situada a la marge esquerra del riu Segre, a una altitud de 238 metres i amb les següents coordenades de situació:

X UTM (m): 319720

Y UTM (m): 4628372

D'acord amb la situació geogràfica indicada mitjançant aquestes coordenades, aquesta estació meteorològica es trobaria doncs a una distància de 1.020 metres al nord del lloc on es va efectuar l'assaig de resistència a les baixes temperatures. Pel que fa a l'altimetria, l'estació meteorològica estaria situada uns 18 metres més alta que el lloc de l'assaig. Es pot afirmar que a més de ser l'estació meteorològica més propera al lloc d'estudi, la poca distància entre ambdós llocs afegeix una major fiabilitat a l'hora d'establir conclusions pel que fa al comportament de l'estèvia davant les temperatures hivernals de la zona.

Aquesta estació forma part de la xarxa d'estacions automàtiques (XEMA) del Servei Meteorològic de Catalunya i va iniciar la recollida de dades el dia 17.10.1990. Les dades que proporciona són de tipus horari. Les variables que mesura aquesta estació són les següents:

Temperatura (°C)

Humitat relativa (%)

Precipitació (mm)

ETO (mm)

Irradiància solar global (W/m²)

Velocitat del vent a 2 m (m/s)

Direcció del vent a 2 m (graus)

Les dades que ens interessin en relació al present estudi són les relatives a temperatura i precipitació. La temperatura té importància pel que fa a l'aclimatació de l'estèvia ja sigui per les mínimes a l'hivern que poden comprometre la seva supervivència com a planta plurianual com per les temperatures mitges i màximes durant la resta de l'any i que incideixen directament en el creixement de la planta.

Pel que fa a la precipitació, ens dona un punt de partida que cal considerar en cas que es conreï estèvia en camp obert. Als efectes de la classificació climàtica i a l'obtenció de les dades per a l'elaboració de taules i gràfiques, s'han emprat les dades de l'observatori de Vallfogona de Balaguer corresponents a la sèrie de 19 anys del període entre 1991 i 2009.

3.1.2.1 Classificació climàtica

Segons el sistema de classificació de Papadakis, que es basa en l'ecologia dels cultius i els usos agraris, la zona de Balaguer es caracteritza per un tipus climàtic Mediterrani continental temperat, amb les característiques següents:

- Tipus d'hivern: avena fresc
- Tipus d'estiu: arròs
- Règim d'humitat: mediterrani sec

Pel que fa als diversos índexs climàtics tenim les següents classificacions:

- Índex d'aridesa de Martonne: estepes i països secs mediterranis
- Índex termopluviomètric de Dantin-Revenge: zona àrida
- Factor de pluviometria de Lang: clima àrid

3.1.2.2 Règim de temperatures

3.1.2.2.1. Temperatures mitjanes

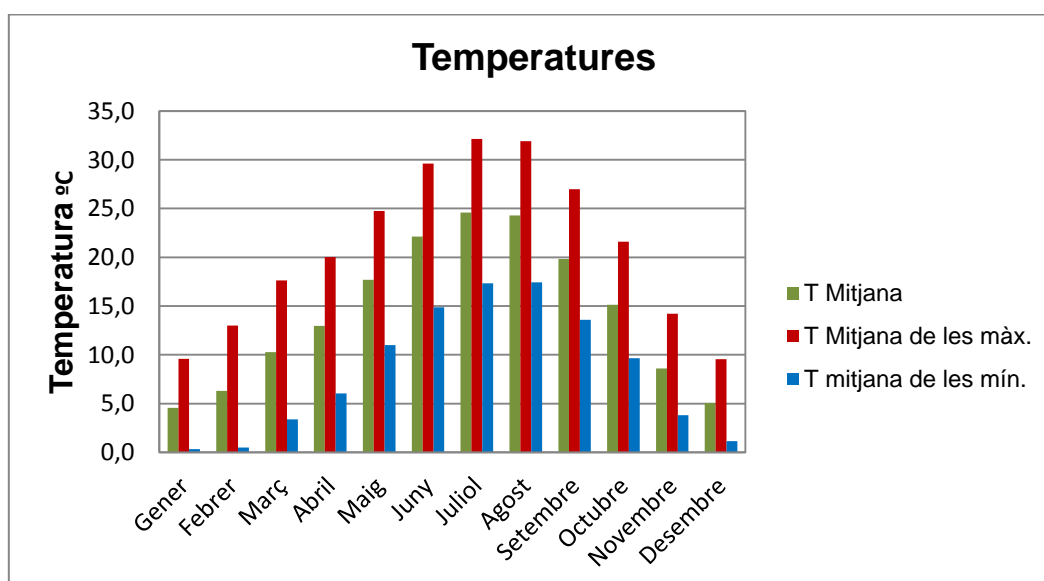
A la taula 3.1 i a la gràfica 3.1 es mostren les temperatures mitjanes mensuals registrades a l'estació de Vallfogona de Balaguer i corresponents a la sèrie 1991-2009.

La temperatura mitjana anual és de 14,3 °C, essent el mes de gener el més fred amb una temperatura mitjana de 4,6 °C i juliol el més càlid amb una temperatura mitjana de 24,6 °C. Pel que fa a la temperatura mitjana de les màximes, també és el mes de juliol el que assoleix el valor mig més alt amb 32,1 °C seguit de l'agost amb 31,9 °C. Per

l'altra banda, la temperatura mitjana de les mínimes té el seu valor inferior en el mes de gener amb 0,3 °C, seguit de prop pel mes de febrer amb 0,5 °C.

Taula 3.1 Temperatures mitjanes, en °C, a l'estació de Vallfogona de Balaguer; sèrie de 19 anys (1991- 2009).

Mes	Temperatura mitjana	Temperatura mitjana de les màximes	Temperatura mitjana de les mínimes
Gener	4,6	9,6	0,3
Febrer	6,3	13,0	0,5
Març	10,3	17,6	3,4
Abril	13,0	20,0	6,0
Maig	17,7	24,7	11,0
Juny	22,1	29,6	14,9
Juliol	24,6	32,1	17,3
Agost	24,3	31,9	17,4
Setembre	19,8	27,0	13,6
Octubre	15,1	21,6	9,6
Novembre	8,6	14,2	3,8
Desembre	5,1	9,6	1,1



Gràfica 3.1 Temperatures mitjanes a l'estació de Vallfogona de Balaguer (1991-2009).

3.1.2.2.2. Temperatures absolutes

Donat que l'estèvia és una planta originària d'un lloc de clima tropical, ens interessa conèixer quins són els valors absoluts i extrems de les temperatures a la nostra zona a fi d'avaluar millor les seves possibilitats d'aclimatació i de cultiu potencial. En aquest sentit, convé saber els valors mínims absoluts i els dies de gelada ja que la sensibilitat a les temperatures baixes és amb tota seguretat el factor limitant de conreu de l'estèvia.

A la taula 3.2 es mostren els valors mitjos de les temperatures mínimes absolutes mensuals, els valors mínims absoluts del període de referència, així com el nombre de dies de gelada mensual. Aquesta taula ens permet observar que, tot i ser el gener el mes més fred de l'any d'acord amb els valors de temperatures mitges (vegeu la Taula 3.1), és no obstant el mes de desembre el que enregistra les temperatures absolutes més baixes, tant pel que fa a la mitja de les mínimes absolutes (-5,4 °C) com per la mínima absoluta de tota la sèrie (-13,5 °C). En aquest sentit, fins i tot el mes de febrer enregistra una temperatura mitja de les mínimes inferior a la del mes de desembre (Taula 3.1).

Taula 3.2 Temperatures mínimes absolutes, en °C, i nombre de dies mensuals de gelada a l'estació de Vallfogona de Balaguer; sèrie de 19 anys (1991- 2009).

Mes	Temperatura mitjana de les mínimes absolutes	Temperatura mínima absoluta del període 1991-2009	Nombre mig de dies de gelada mensual
Gener	-5,1	-10,6	15,2
Febrer	-4,8	-8,7	13,3
Març	-2,7	-7,5	5,4
Abril	0,1	-2,2	1,1
Maig	4,7	0,1	0,0
Juny	8,9	6,1	0,0
Juliol	11,0	8,1	0,0
Agost	11,2	8,2	0,0
Setembre	6,9	2,8	0,0
Octubre	3,0	-1,6	0,3
Novembre	-2,4	-8,2	5,2
Desembre	-5,4	-13,5	11,8

Pel que fa al nombre de dies de gelada, és el mes de gener el que més n'enregistra, amb una mitja de 15,2 dies al mes, seguit del febrer amb 13,3 dies, fins i tot aquest darrer per davant de desembre, que mostra una mitja de 11,8 dies de gelada. Aquestes dades ens permeten concloure que puntualment el mes de desembre pateix

les onades de fred més rigoroses tot i que la temperatura mitja de les mínimes i el nombre de dies mensuals de gelada donen uns valors mitjos més desfavorables en els mesos de gener i febrer.

Pel que fa a les temperatures màximes absolutes, interessa també saber quins són els valors mitjos per tal d'avaluar la possible incidència de les temperatures altes en el creixement de l'estèvia ja que és originària de una zona de clima tropical sense extrems tèrmics.

A la taula 3.3 es mostren els valors mitjos de les temperatures màximes absolutes mensuals i els valors màxims absoluts del període de referència. Podem observar que la temperatura mitja de les màximes absolutes assoleix el valor més alt el mes de juliol seguit de l'agost amb valors similars en ambdós mesos, tal com passa amb les temperatures mitges de les màximes (vegeu Taula 3.1).

Taula 3.3 Temperatures màximes absolutes, en °C, a l'estació de Vallfogona de Balaguer; sèrie de 19 anys (1991- 2009).

Mes	Temperatura mitja de les màximes absolutes	Temperatura màxima absoluta del període 1991-2009
Gener	17,2	22,5
Febrer	18,9	15,4
Març	24,2	29,1
Abril	27,1	31,1
Maig	31,6	35,7
Juny	35,7	39,6
Juliol	37,4	39,3
Agost	37,0	40,4
Setembre	33,0	38,7
Octubre	28,1	33,9
Novembre	21,2	26,4
Desembre	16,9	21,2

Pel que fa als valors màxims absoluts de tot el període de referència 1991-2009, és interessant constatar que el valor més alt correspon a un mes d'agost amb 40,4 °C seguit del juny amb 39,6 °C i del juliol amb 39,3 °C.

3.1.2.3. Règim d'humitat

Per tal d'analitzar el règim d'humitat considerem els valors mensuals de pluja i evapotranspiració, expressades en mm i a més calculem el dèficit hídric o diferència entre la pluja i l'evapotranspiració. A la taula 3.4 es mostren aquests valors per a la sèrie de referència. Igualment, a les gràfiques 3.2 i 3.3 es mostra l'evolució mensual dels valors esmentats.

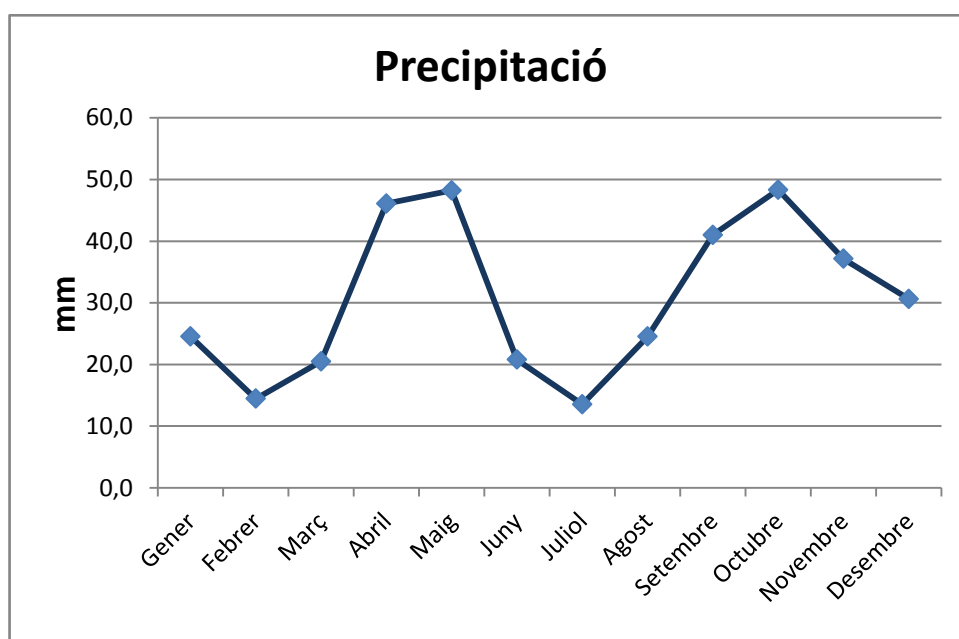
Taula 3.4 Valors de pluja, evapotranspiració i dèficit hídric, en mm, a l'estació de Vallfogona de Balaguer; sèrie de 19 anys (1991- 2009).

Mes	Pluja	ETO	Balanç hídric
Gener	24,5	20,1	4,4
Febrer	14,5	34,8	-20,3
Març	20,5	67,7	-47,2
Abril	46,1	95,2	-49,1
Maig	48,2	126,0	-77,8
Juny	20,8	149,6	-128,8
Juliol	13,5	161,2	-147,6
Agost	24,5	141,4	-116,8
Setembre	41,0	95,5	-54,5
Octubre	48,3	59,2	-10,9
Novembre	37,1	27,1	10,1
Desembre	30,6	16,2	14,4
Total anual	369,8	993,9	-624,2

Cal remarcar que els dos mesos més plujosos, maig i octubre, mostren una precipitació mitja pràcticament idèntica, amb 48,2 i 48,3 mm respectivament. Els

mesos més secs són els de juliol i febrer, amb uns registres mitjos mensuals de 13,5 i 14,5 mm respectivament. Aquests valors mensuals equivalen només a una tercera part dels valors que es registren mensualment en qualsevol dels mesos més plujosos, fet que demostra la forta estacionalitat i variabilitat de la precipitació durant un any mig.

Podem observar que el règim de pluges (gràfica 3.2) té un patró força estacional. La gràfica de precipitació mostra dos períodes amb valors màxims: l'un a la primavera que correspon als mesos d'abril i maig, i l'altre a la tardor que correspon als mesos de setembre i octubre. Entre aquests quatre mesos es registren uns 183,6 mm de pluja, pràcticament el 50% de tota la pluja anual, que en un any mig és de 369,8 mm.



Gràfica 3.2 Distribució mensual de la pluvimetria a l'estació de Vallfogona de Balaguer en un any mig, sèrie de 19 anys (1991-2009).

Pel que fa a l'evapotranspiració (gràfica 3.3), aquesta mostra una corba de tipus parabòlic amb un màxim de 161,2 mm el mes de juliol i uns valors mínims de 16,2 i 20,1 mm dels mesos de desembre i gener respectivament. Entre aquests valors extrems es situen els valors mensuals de forma gairebé simètrica, formant els trams ascendent i descendent de la corba, a banda i banda del màxim del mes de juliol. L'evapotranspiració anual total és de 993,9 mm.

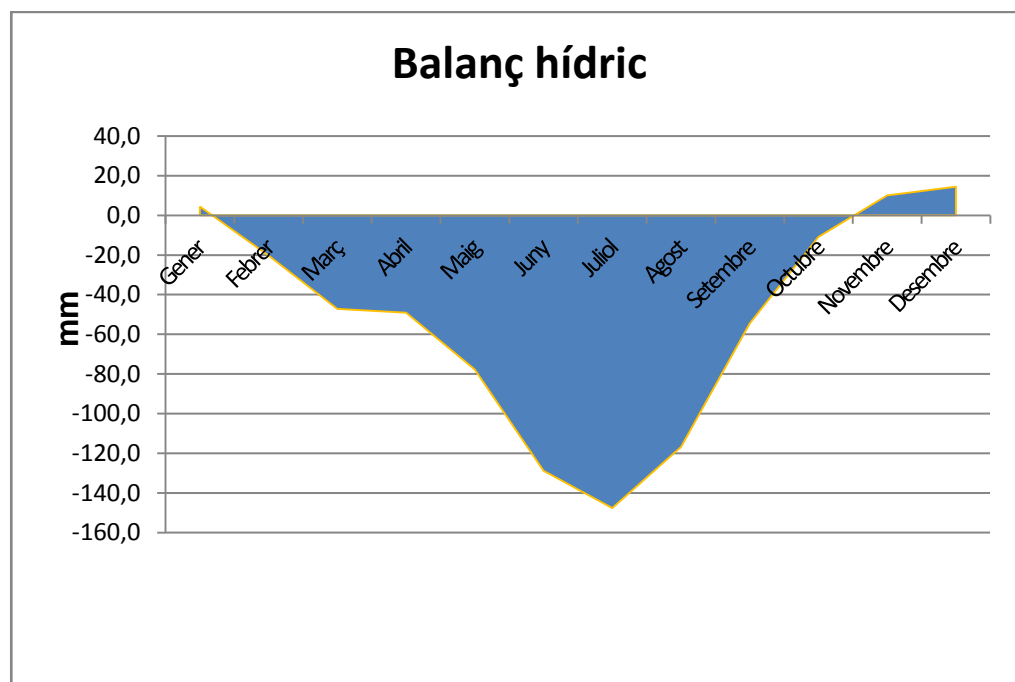
La diferència entre la precipitació caiguda i l'evapotranspiració ens dona el balanç hídric per a cada mes. Aquest valor ens serveix per al càlcul de les necessitats hídriques dels cultius i és la base per tal d'assolir l'optimització en l'ús l'aigua de reg.

El repartiment per un any mig del balanç hídric calculat per a l'estació de Vallfogona de Balaguer es mostra en la gràfica 3.4, on es pot constatar que durant 9 dels 12 mesos de l'any ens trobem en una situació de dèficit hídric si es considera la precipitació com

única aportació hídrica en aquest balanç. Els únics mesos sense dèficit són els de novembre, desembre i gener, tot i que en cap d'ells el superàvit supera els 15 mm mensuals. Els mesos amb un dèficit més elevat són els de juny, juliol i agost, tots els amb valors de dèficit hídric superiors als 115 mm, dels quals el màxim es registra el mes de juliol amb 147,6 mm.



Gràfica 3.3 Valors mensuals de l'evapotranspiració a l'estació de Vallfogona de Balaguer en un any mig, sèrie de 19 anys (1991-2009).



Gràfica 3.4 Balanç hídric l'estació de Vallfogona de Balaguer en un any mig, sèrie de 19 anys (1991-2009).

En resum, es tracta d'un clima mediterrani amb trets continentals, on les temperatures, d'acord amb el període de referència considerat, poden oscil·lar entre uns valors extrems de -13 i 40 °C, i on les gelades són presents durant uns cinc mesos l'any. Així mateix, el caràcter mediterrani es constata en el règim de pluges, de caràcter irregular i escàs, el qual origina un greu dèficit hídric durant la major part de l'any i en concret durant els mesos de més creixement vegetatiu dels cultius.

3.1.2.4. Temperatures enregistrades durant l'assaig

Tal com s'explica més endavant en el punt 3.1.8.3, es van registrar directament algunes de les temperatures màximes i mínimes en la parcel·la on es va desenvolupar l'assaig de supervivència, mitjançant un termòmetre de màxima i mínima. Això va permetre valorar la desviació existent entre les temperatures mínimes de l'estació de Vallfogona de Balaguer i del lloc on es va desenvolupar el present estudi, fet que interessava pel que fa a la resistència de l'estèvia a les temperatures baixes.

Es van prendre un total de 42 mesures de temperatura mínima diària durant un període comprès entre el 15 de novembre de 2008 i el 25 de març de 2009. En totes aquestes observacions excepte en una la temperatura enregistrada a la parcel·la de l'assaig va ser inferior a la corresponent a l'estació de Vallfogona de Balaguer per a la mateixa data. Aquesta excepció es va donar el dia 26 de novembre de 2008 amb una diferència de 0,1 °C. No obstant, aquest valor es pot menysprear ja que la sensibilitat del termòmetre col·locat a la parcel·la de l'assaig no permetia apreciar de forma clara les dècimes de grau.

Així, s'observa que la ubicació de l'assaig enregistra temperatures més baixes amb valors que oscil·len en la major part de les observacions entre 1 i 2 graus arribant en un cas a 2,5 °C.

A la gràfica 3.5 es mostra el diagrama de dispersió corresponent als valors de les observacions d'ambdues ubicacions.

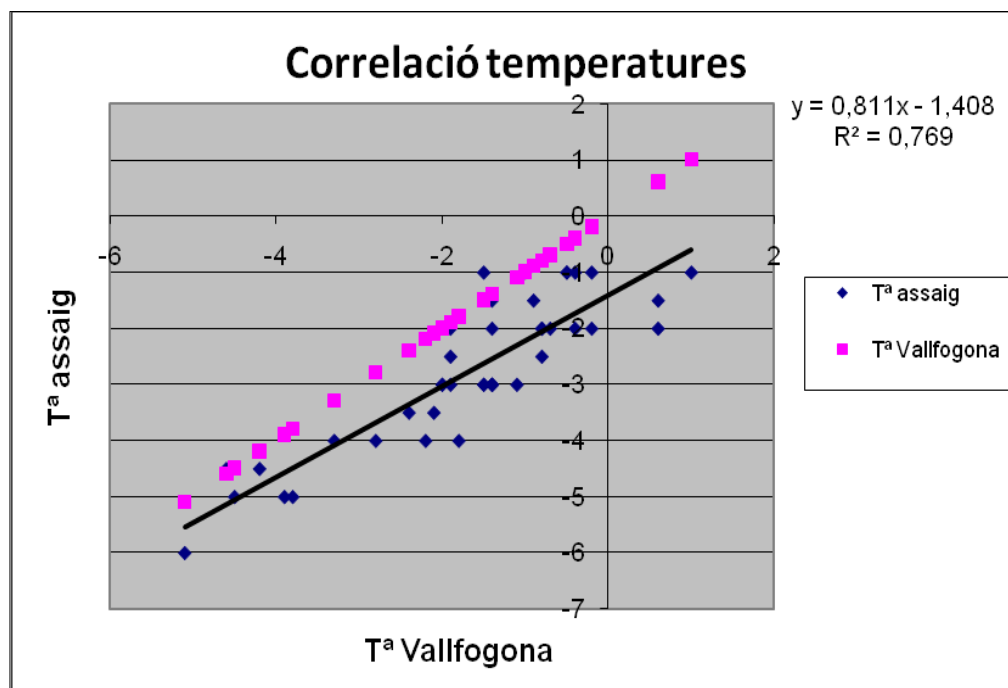
La correlació existent pot expressar-se mitjançant la fórmula següent:

$$y = 0,811x - 1,408$$

on la variable x és la temperatura corresponent a l'estació de Vallfogona y la variable y és la que correspondria a la parcel·la de l'assaig. El coeficient de correlació R^2 és de 0,769.

L'explicació de la diferència de temperatures mínimes entre ambdues ubicacions es pot explicar per raons topogràfiques. En aquest sentit, la parcel·la de l'assaig es troba en la zona d'horta al sud de Balaguer, a pocs metres del riu Segre, mentre que l'estació de Vallfogona de Balaguer està situada sobre la terrassa del marge esquerre del riu, a major altitud, per la qual cosa no està tan exposada a les bosses d'aire fred que solen formar-se en les zones baixes arran del riu.

La temperatura mínima enregistrada mitjançant el termòmetre ubicat en el lloc de l'assaig durant l'hivern 2008-09 va ser de $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$, mentre que en la mateixa data l'estació de Vallfogona de Balaguer es van registrar $-5,1\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Gràfica 3.5 Diagrama de dispersió corresponent als valors de les temperatures mínimes de l'estació de Vallfogona de Balaguer i de la parcel·la de l'assaig a partir de dades enregistrades durant l'hivern 2008-09.

3.1.3. Característiques edàfiques

La parcel·la esmentada es troba sobre una terrassa fluvial a poca distància del riu Segre, a la seva marge dreta. Es tracta d'una parcel·la dedicada tradicionalment als conreus hortícoles, amb un sòl profund i fèrtil.

Abans de la realització de l'assaig de supervivència, a finals de juliol de 2008, es van prendre mostres de terra del bancal on es va situar l'assaig. Al tractar-se d'un sòl de característiques homogènies es van prendre mostres en tres punts del bancal i es van barrejar per tal de constituir una mostra única.

Es tracta doncs d'un sòl amb les característiques típiques dels sòls al·luvials de les nostres contrades, amb uns continguts alts en nutrients degut a l'adobat freqüent amb fens i a la mineralització de les restes de collites. Igualment, presenta un pH bàsic i un contingut molt alt en carbonats que li confereixen uns trets clars de sòls calcari. Per aquest motiu, és un sòl susceptible de provocar carències en micronutrients i desequilibris amb altres macronutrients com el fòsfor o el magnesi.

Cal assenyalar com a trets favorables per al creixement de l'estèvia tant l'absència de sals de sodi com la textura franco-llimosa que presenta aquest sòl.

L'anàlisi realitzat al laboratori Agroambiental APPLUS de Sidamon va donar els resultats que es mostren a la taula 3.5.

Taula 3.5 Resultat de l'anàlisi de sòl corresponent al bancal de l'assaig de supervivència amb tres tractaments.

Paràmetres	Resultat	Unitats	Interpretació
Humitat 105 °C	1,7	%	
pH (ext. 1:2,5 H ₂ O)	8,0		Moderadament bàsic
Conductivitat elèctrica 25°C (Pr.Pre)	0,27	dS/m	No limitant
Matèria orgànica (Walkley-Black)	4,47	%	Molt alt
Nitrogen – Nítric (N – NO ₃)	73	mg/kg	Molt alt
Fòsfor (P) (Olsen)	> 200	mg/kg	Molt alt
Potassi (K) (ext. acetat amònic)	731	mg/kg	Molt alt
Carbonats	29	%	Molt calcari
Magnesi (Mg) (ext. acetat amònic)	375	mg/kg	Alt
Calci (Ca) (ext. acetat amònic)	6422	mg/kg	Alt
Sodi (Na) (ext. acetat amònic)	73	mg/kg	Normal
Arena total (0,05 < D < 2 mm)	22,4	%	
Llim gros (0,02 < D < 0,05 mm)	17,3	%	
Llim fi (0,002 < D < 0,02 mm)	38,2	%	
Argila (D < 0,002 mm)	22,1	%	
Classe textural USDA			Franco-llimosa
Nitrogen (N) (Kjeldahl)	0,31	%	Molt alt

Pel que fa a l'hivernacle multi-túnel on es va realitzar el seguiment del cultiu d'estèvia, el sòl consisteix en un substrat de perlita disposat dins un contenidor que constitueix de fet el mateix bancal o taula. La perlita emprada és de la marca Europerl, fabricada per l'empresa Europerlita Española SA.

La perlita és un substrat idoni per a conreus hortícoles sota hivernacle per les seves qualitats com són: baixa densitat, inert químicament, alta superfície de contacte i alta porositat.

La imatge 3.2 mostra els bancals abans de la col·locació del substrat en què es pot apreciar la poca fondària del contenidor en què es desenvolupen els conreus sota hivernacle, entre els que s'hi troba l'estèvia.



Imatge 3.2 Taules o bancals en preparació dins l'hivernacle, abans d'estendre-hi la perlita.



Imatge 3.3 Detall de la perlita en un dels bancals on es pot apreciar tant la manca d'estructura com la gran porositat que dona aquest substrat. Igualment, es pot veure clarament la poca fondària de sòl que tenen els bancals, fet que no és un impediment per al desenvolupament satisfactori de les plantes que s'hi conreen.

3.1.4. Sistema de reg i qualitat de l'aigua

L'explotació on es van realitzar els assajos es rega amb aigua de la sèquia de Balaguer, i disposa d'un petit embassament des d'on es bombeja l'aigua per regar les diferents parcel·les i els hivernacles. El sistema de reg predominant en camp obert és es d'aspersió amb cobertora mòbil. Dins els hivernacles els cultius a terra es reguen per degoteig i els cultius en safates o contenidors es reguen mitjançant barres d'aspersió mòbils i suspeses. En l'assaig de supervivència al fred que es va realitzar a l'exterior el reg emprat va ser el degoteig mitjançant tubs de polietilè amb degoters incorporats.

Pel que fa a la qualitat de l'aigua, es va realitzar l'anàlisi d'una mostra presa a l'arqueta d'entrada a l'embassament, a finals de setembre de 2009, en una data que es va considerar idònia per tal de detectar les possibles característiques desfavorables ja que es situa al final de la campanya de reg. L'anàlisi realitzat al laboratori Agroambiental APPLUS de Sidamon va donar els resultats que es mostren a la taula 3.6.

Taula 3.6 Resultat de l'anàlisi corresponent a l'aigua de reg de l'explotació

Anàlisi	Resultat	Unitats	Mètode d'anàlisi /PNT	Interpretació
pH	8,20		Potenciometria / PA-069	Normal
Cond. Elec. 25°C	0,49	dS/m	Conductimetria / PA-068	Sense restricció
Potassi (K)	0,03	meq/l	Espectrometria ICP-OES	Normal
Magnesi (Mg)	0,97	meq/l	Espectrometria ICP-OES	Normal
Calci (Ca)	4,00	meq/l	Espectrometria ICP-OES	Normal
Sodi (Na)	0,70	meq/l	Espectrometria ICP-OES	Sense restricció
Fòsfor (P)	<50	µg/l	Espectrometria ICP-OES	Normal
Bor (B)	0,029	mg/l	Espectrometria ICP-OES	Sense restricció
Ferro (Fe)	<0,01	mg/l	Espectrometria ICP-OES	Sense restricció
Coure (Cu)	<0,01	mg/l	Espectrometria ICP-OES	Sense restricció
Manganès (Mn)	<0,01	mg/l	Espectrometria ICP-OES	Sense restricció
Zinc (Zn)	<0,01	mg/l	Espectrometria ICP-OES	Sense restricció
Sulfats	1,34	meq/l	Cromatografia iònica	Normal
Nitrats	0,28	meq/l	Cromatografia iònica	Sense restricció
Clorurs	0,56	meq/l	Cromatografia iònica	Sense restricció
Carbonats	0,36	meq/l	Titulació volumètrica	Alt
Bicarbonats	2,64	meq/l	Titulació volumètrica	Restricció lleugera
Fluorurs	<0,01	meq/l	Cromatografia iònica	Sense restricció
E. coli	90	u.f.c/100ml	Filtració	Presència, valor màx. 0+
B. coliformes	126	u.f.c/100ml	Filtració	Presència, valor màx. 0+

L'anàlisi ens mostra una aigua apta per al conreu de plantes hortícoles, sense que hi hagi cap limitació a banda d'una lleugera restricció degut al nivell de bicarbonats.

3.1.5. Instal·lacions i equipament

Les instal·lacions utilitzades per a la realització d'aquest projecte formen part de l'explotació Pàmies Hortícoles. En tractar-se d'una explotació especialitzada en conreus hortícoles de fulla, les instal·lacions són les habituals per aquest tipus d'explotacions i entre les quals cal esmentar:

- la nau principal de 950 m² que conté el magatzem d'envasos, dues cambres frigorífiques, una sala de processat d'hortalisses, els molls de càrrega i les oficines de l'empresa (Imatge 3.4)
- agrobotiga de 90 m² per a la venda directa de productes
- hivernacle multi-túnel amb nou cossos i una superfície total de 6700 m² (Imatge 3.5)
- porxo-ombracle per l'aclimatació del planter de 530 m²
- magatzem per maquinària i adob de 1030 m²
- bassa de reg revestida amb butil d'una capacitat de 1100 m³
- caseta de reg de 20 m² amb equip de bombeig i fertirrigació
- equip de bombeig i fertirrigació pels conreus de l'hivernacle multi-túnel



Imatge 3.4 Vista de la nau principal de l'explotació agrària Pàmies Hortícoles SL, amb l'edifici més recent a la dreta on s'hi troba l'agrobotiga.

Cal destacar també l'existència de dos assecadors solars que permeten assecar les plantes medicinals, flors i altres productes que es conservaran per a la seva venda posterior, en especial plantes medicinals entre les que s'hi troba l'estèvia.



Imatge 3.5 Interior de l'hivernacle multi-túnel on s'hi produeix una gran diversitat de plantes de fulla i flor comestibles així com la major part de l'estèvia en conreu permanent que es comercialitza a l'explotació.

Per a la realització dels assajos i de les activitats del present projecte es va disposar de totes les instal·lacions de l'empresa Pàmies Hortícoles, sense cap restricció. Les zones més utilitzades van ser els bancals plantats d'estèvia a l'exterior, l'hivernacle multi-túnel on es van efectuar els assajos de producció i la sala de processament per al pesatge del material verd de les segues d'estèvia.

Igualment, per a la realització dels assajos i de les diverses proves de camp es va comptar amb els equips i maquinària de què disposa l'explotació. Entre els equips que es van usar cal esmentar els equips de preparació del sòl (Imatge 3.6) i la plantadora d'hortalisses, que es van utilitzar per plantar estèvia en camp obert.



Imatge 3.6 Preparació de les taules per a la plantació d'hortalisses per mitja de rodet metàl·lic abancalador.

3.1.6. Material vegetal

El material vegetal emprat en aquest estudi consisteix en plantes de l'espècie *Stevia rebaudiana* de la varietat autòctona o nativa del Paraguai, també anomenada "Criolla". Aquesta varietat població s'està conreant des de l'any 2000 als hivernacles de l'explotació dels germans Pàmies.

Al punt 1.4.2.3.1. s'han descrit prèviament les característiques d'aquesta varietat població, entre les quals destaquen per una banda un cert polimorfisme i per l'altra el contingut més alt d'esteviòsid enfront del rebaudiòsid, fet que li confereix unes propietats medicinals superiors a les varietats seleccionades per a la producció d'edulcorant.

A l'explotació es disposa de plantes que podríem anomenar "mares" i que són plantes conreades de forma permanent en bancals sota hivernacle, d'una edat que oscil·la entre un i vuit anys d'edat. Totes elles són aptes per a l'obtenció d'esqueixos de qualitat, ja siguin esqueixos de corona o esqueixos de tija.

Igualment, es disposa de nombroses plantes d'estèvia en contenidor. El contenidor emprat és el test rodó de plàstic de 10 cm de diàmetre. Les plantes en contenidor s'obtenen mitjançant esqueixos vegetatius durant la primavera i per tant totes elles són plantes de la temporada ja que a finalitzar l'any les que no s'han comercialitzat es planten a terra dins l'hivernacle per al seu posterior conreu permanent els anys següents. Amb aquestes plantes es poden condicionar nous bancals per al cultiu d'estèvia o es pot efectuar la reposició de les baixes en els bancals ja existents.



Imatge 3.7 Planter d'estèvia en contenidor de 10 cm, preparat per a ser ubicat a la parcel·la de

l'assaig de resistència a les baixes temperatures.

3.1.7. Justificació dels assajos

La manca de dades experimentals pel que fa al comportament de l'estèvia en les condicions agroclimàtiques de les terres de Lleida motiva la realització dels assajos que es descriuen a continuació a fi de caracteritzar alguns aspectes del cultiu d'aquesta planta.

Per una banda, interessa saber si l'estèvia és viable com a conreu perenne en condicions de camp obert encara que sigui amb alguna protecció durant l'hivern. Per altra, convé millorar el rendiment en la multiplicació vegetativa a fi d'optimitzar els recursos i reduir costos de producció.

Igualment, encara que no es plantegi com un assaig amb disseny estadístic, és considera interessant determinar de forma experimental alguns paràmetres de cultiu així com els valors de les produccions que es poden obtenir sota hivernacle en un cultiu perenne d'estèvia.

3.1.8. Disseny experimental de l'assaig sobre resistència al fred

3.1.8.1. Objectiu de l'assaig i tractaments

L'assaig sobre resistència a les baixes temperatures té com a finalitat determinar la supervivència de l'estèvia a l'hivern de les comarques de la plana de Lleida. L'assaig es duu a terme en una petita parcel·la entre l'hivernacle multi-túnel i la nau principal de l'explotació. Es tracta d'una parcel·la que tradicionalment s'ha destinat a l'hort familiar. Al punt 3.1.3. es detalla el resultat de l'anàlisi de sòl efectuat en aquest lloc.

Tenint en compte que l'estèvia a les nostres contrades perd la part vegetativa durant l'hivern l'assaig s'adreça realment a l'estudi de la resistència al fred de la part del coll de la planta i de les arrels més superficials, que són les parts des d'on s'efectua el rebrot primaveral de la planta, de forma similar al que passa amb altres plantes vivaces.

Per aquest motiu, es pretén també valorar la possibilitat de la supervivència hivernal de l'estèvia tenint en compte també la posta en pràctica de senzilles mesures de protecció d'ús habitual en horticultura. Si bé l'assaig es realitza a l'aire lliure, s'aprofitarà per valorar la possible eficàcia de dues mesures de protecció: la cobertura del sòl amb plàstic negre combinat amb la manta tèrmica i la cobertura o *mulch* amb palla de cereal, en concret, de blat.

La cobertura amb plàstic negre (Imatge 3.8) és una pràctica habitual a l'explotació Pàmies Hortícoles en els conreus a l'aire lliure d'enciam i col xina, i es col·loca abans de la plantació. Les seves avantatges són principalment la reducció d'adventícies i l'escalfament del sòl que afavoreix el creixement radicular i per tant del conjunt la planta. La protecció amb manta tèrmica és també habitual durant les setmanes més

rigoroses de l'hivern en els conreus de col xina a fi d'evitar danys per gelades que suposen una reducció en la qualitat d'aquestes hortalisses.

La cobertura superficial o *mulch* amb palla, tot i no ser una pràctica en l'explotació, és una alternativa que es troba recomanada freqüentment a la literatura en el cas de produccions hortícoles. La disponibilitat del material, la palla, i el seu baix cost, fan pensar la seva possible utilització en el conreu de l'estèvia com conreu plurianual a l'aire lliure. Tant la palla com la manta tèrmica es col·locaran en camp abans de les primeres gelades.



Imatge 3.8 Instal·lació manual de plàstic negre microperforat al bancal d'assaig.

Així doncs, es determina que hi haurà tres tractaments dins l'assaig:

- protecció nul·la, és a dir, les plantes no es cobriran ni es protegiran durant l'hivern. Aquest tractament constituirà també el control respecte als altres dos tractaments
- cobertura amb plàstic negre des del moment de la plantació més una protecció amb manta tèrmica durant els mesos amb risc de gelada
- cobertura o *mulch* amb palla durant els mesos amb risc de gelada

Es pretén realitzar un disseny aleatori amb blocs a l'atzar i tres repeticions per a cada tractament, per a la qual cosa es distribuïran les parcel·les experimentals de forma que compleixin els requisits d'aquest disseny.

3.1.8.2. Parcel·les experimentals i disseny de la plantació

La plantació sobre la qual es farà l'assaig es realitza en una taula idèntica a les que s'utilitzen per al conreu dels enciams i altres hortícoles en l'explotació. Després d'una labor amb fresadora o *rotavator* i mitjançant el tractor es construeix una taula o bancal

elevat d'una amplada de 130 – 140 cm entre arestes superiors. L'amplada total del bancal, considerant la distància entre el pas de les rodes del tractor, és de 170 cm (Imatges 3.9 i 3.10).



Imatge 3.9 Vista del bancal d'assaig abans de la preparació del sòl.



Imatge 3.10 Taules ja preparades amb rodet abancalador per a la plantació.

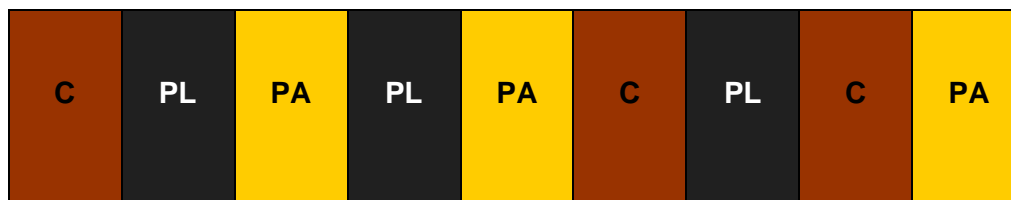
La unitat experimental serà una parcel·la d'aproximadament 2 m² on s'hi disposaran les plantes d'estèvia en un marc que suposi una densitat de cultiu similar a les que s'empren en altres països. A fi de donar-los unes condicions homogènies pel que fa al reg, les diferents parcel·les es distribueixen dins una mateixa taula de forma aleatòria.

La disposició dels diferents tractaments es reflecteix en la imatge 3.11, on s'ha establert una lletra per a cada tractament segons s'especifica a continuació:

C: sòl nu sense protecció (control) – parcel·les 1, 6 i 8.

PL: protecció amb plàstic negre + manta tèrmica – parcel·les 2, 4 i 7.

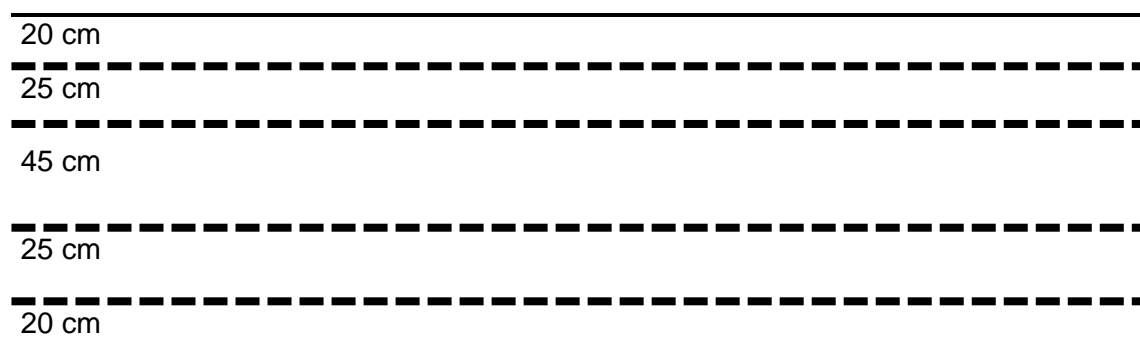
PA: protecció amb palla – parcel·les 3, 5 i 9.



Imatge 3.11 Esquema de la disposició dels diferents tractaments en l'assaig de resistència a les baixes temperatures

La superfície total ocupada per la taula és de 24,3 m² (18 m x 1,35 m). Així, cada parcel·la experimental té unes dimensions de 2 m x 1,35 m y una superfície aproximada de 2,7 m². L'orientació de la taula és E – O. La plantació s'efectua en línies seguint aquesta mateixa orientació, i com que s'utilitzarà el sistema de reg per gotegi es segueixen les recomanacions del Ministeri d'Agricultura del Paraguai (Casaccia i Álvarez, 2006) pel que fa a un marc amb fileres dobles, en el qual una mànega rega dues fileres de plantes.

Tenint en compte que l'amplada útil de la taula és de 130 - 135 cm s'opta per dues mànegues de reg per taula i un marc en fileres dobles de 25 x 30 x 45. És a dir, els rengs de plantes del mateix parell estan distanciat 25 cm, les plantes es troben separades 30 dins de cada reng, i hi ha un pas de 45 cm al centre de la taula a fi de que les mates dels rengs interiors puguin desenvolupar-se millor. Els rengs exteriors es situen a 20 cm del talús de la taula. Les mànegues de reg per gotegi es situen al mig de cada parell de rengs d'estèvia. L'esquema de la plantació es reflecteix en la imatge 3.12.



Imatge 3.12 Esquema de plantació amb la separació entre rengs

Les línies contínues a dalt i a baix de l'esquema representen les arestes superiors del talús de la taula o bancal. Les línies discontinúes corresponen als rengs de plantes d'estèvia. Pel mig de cada parell de rengs d'estèvia s'hi col·loca una mànega de reg on s'hi troben els degoters.

Pel que fa al reg, hi ha un degoter doble (dos orificis per degoter) cada 30 cm de mànega. Segons el fabricant, el cabal dels degoters és d'uns 2 - 2,5 l/h. Es realitza una comprovació amb dos degoters i es recullen en cadascun uns 150 ml en quatre minuts, que equival a un cabal de 2,25 l/h (Imatge 3.13).



Imatge 3.13 Operació de mesurament per tal de comprovar el cabal dels degoters.

La plantació de l'assaig necessita 252 plantes d'estèvia, distribuïdes en 4 rengs paral·lels en un marc de 25 cm dins de cada reng. Això suposa un nombre total de 28 plantes per cada parcel·la, 7 plantes per cadascun dels 4 rengs (Imatge 3.14). La plantació s'efectua amb planter arrelat en contenidors de 10 cm de diàmetre, provinent dels hivernacles de Pàmies Hortícoles. El planter presenta unes condicions òptimes ja que han crescut quatre mesos en hivernacle i estan ben arrelats en la torba del contenidor. En el moment del trasplantament la seva alçada mitja és de 15,5 cm, dada que s'obté del mesurament de 40 plantes a l'atzar ($\sigma_{n-1} = 2,4$).

Si es realitzés una plantació a gran escala seguint aquest esquema i tenint en compte que la distància entre el pas de les rodes del tractor que separa cada taula és de 170 cm, aquest marc de plantació en fileres dobles de 25 x 30 x 45 dins la taula suposa una densitat real de 78.500 plantes per hectàrea, inferior a les 100.000 plantes / ha recomanades pel Ministeri d'Agricultura del Paraguai (Casaccia i Álvarez, 2006).

El marc utilitzat en aquest assaig ve imposat per les dimensions de les taules i per la distribució de les mànegues de reg, que ja està establerta. No obstant, es creu que el factor densitat no influirà de cap manera en els resultats de l'assaig ja que es tracta de determinar la supervivència de les plantes a les baixes temperatures i no pas el rendiment o el desenvolupament aeri del conreu.



Imatge 3.14 Bancal d'assaig amb les 252 plantes d'estèvia i el reg ja en funcionament poc després de trasplantar-les, el dia 7.08.08.

3.1.8.3 Variables mesurades

Des de la plantació de la parcel·la experimental el dia 29.07.08 fins al mes de maig de 2009 en que es va aixecar el cultiu, es va fer un seguiment constant de l'evolució de les plantes d'estèvia, com a mínim setmanalment encara que en moltes ocasions es va fer cada tres dies. Les variables que es van mesurar durant l'assaig van ser els danys visibles ocasionats pel fred i les plantes que rebrotaven de forma natural després de l'hivern.

A continuació es resumeixen les operacions de cultiu més significatives que es van dur a terme i que ens serviran per a l'obtenció de les conclusions adients pel que fa a la resistència de l'estèvia a les baixes temperatures de la zona de Balaguer.

El dia 28 d'octubre es va col·locar palla sobre el sòl en les parcel·les 3, 5 i 9 d'acord amb el disseny establert (Imatge 3.15). Es va emprar una paca de 20 kg de palla entre les tres parcel·les, quantitat que suposa unes 25 tones per hectàrea de cultiu si es cobrí tot el sòl inclosos els passadissos entre taules.

A mitjans de novembre de 2008 es va col·locar a la parcel·la experimental un termòmetre amb registre de màxima i mínima (Imatge 3.16). En aquest termòmetre situat al lloc de l'assaig es van prendre dades de temperatura màxima i mínima regularment, fins i tot diàriament durant certs intervals de temps a fi de comparar-les amb les dades obtingudes de l'observatori de Vallfogona de Balaguer i poder establir

la possible desviació entre les dues ubicacions. Aquest termòmetre ens va permetre també valorar in situ i de forma immediata l'afectació de les plantes davant les baixes temperatures.



Imatge 3.15 Tractament amb palla sobre el sòl a fi de protegir el coll i les arrels de les plantes



d'estèvia.

Imatge 3.16 Ubicació del termòmetre de màxima i mínima en el lloc de l'assaig, amb orientació al nord.

El dia 22 de novembre es va col·locar la manta tèrmica a les parcel·les designades, que són les que també disposen de plàstic negre (Imatge 3.17). Per tal de facilitar la

seva instal·lació, es van retallar les plantes deixant-les a 15 - 20 cm d'alçada. La manta es va fixar recalçant-la amb terra per tal que el vent no la pogués arrencar.



Imatge 3.17 Vista general de l'assaig amb les parcel·les 2, 4 i 7 protegides per manta tèrmica.

Els dies 24 i 25 de gener van bufar vents de mestral (NO) de forta intensitat que van esquinçar la manta tèrmica ja que les tiges seques de l'estèvia van perforar la manta i aquesta es va anar obrint. El dia 1 de febrer es va retirar la manta tèrmica malmesa i es va substituir per manta nova (Imatges 3.18-19). Al mateix temps es va procedir a tallar la tija de les plantes d'aquestes parcel·les pràcticament arran de terra a fi que no



succeís el mateix altre cop en cas de vents forts.

Imatges 3.18 - 19 A l'esquerra, vista de l'assaig el dia 27.01.09 on es poden veure els danys

després de dos dies de vent de mestral (NO) durant els quals les tiges seques de les plantes van esquinçar la manta tèrmica. A la dreta, la manta nova un cop col·locada, el dia 1.02.09.

Aquest mateix dia també es realitza un desherbat manual ja que s'observa una progressiva invasió d'adventícies, principalment herbes de fulla ampla i especialment en la parcel·la amb sòl nu i als passadissos laterals. L'herba arrencada es deixa sobre la superfície del sòl als passadissos.

A principis de març, i en les parcel·les que estaven protegides amb manta tèrmica, es van observar algunes plantes d'estèvia amb rebrots nous a nivell de coll. A partir d'aquest moment es va portar un control setmanal del nombre de plantes que rebrotaven, en tots els tractaments.

Durant el mes de març es van continuar realitzant els enregistraments de temperatures mínimes i màximes "in situ" i es va anar desherbant de forma manual a fi de mantenir les parcel·les netes i sense plantes que poguessin competir amb l'estèvia en cas que ha hagués supervivència de plantes. Les parcel·les on el sòl estava cobert de palla mostraven molt poca implantació d'adventícies, al contrari de les que tenien el sòl nu, on es feia necessari un control periòdic per tal d'evitar la proliferació d'herbes.

Igualment, durant aquest mes es va observar que es produïen atacs als brots nous per part de llimacs i cargols, els quals mostraven la seva preferència per les plantes d'estèvia abans que per altres espècies d'adventícies i d'hortalisses presents als voltants de la zona de l'assaig. A fi de controlar aquests atacs que posaven en risc el rebrot de les plantes d'estèvia, es va aportar un mol·lusquicida repel·lent de cargols i llimacs de baix impacte ambiental a base de fosfat fèrric 1% p/p. Aquest producte, de nom comercial *Ferramol* i fabricat per Seipasa, està autoritzat en agricultura ecològica. L'aplicació d'aquest mol·lusquicida es va realitzar envoltant totes les parcel·les d'assaig i també entre les plantes a fi que els cargols i llimacs no poguessin impedir el creixement dels brots incipients que anaven sortint del coll de les plantes.



Imatge 3.20 L'arrencada de les plantes d'estèvia un cop finalitzat l'assaig va permetre valorar *in situ* el sistema radicular desenvolupat durant els 10 mesos en què les plantes van estar a l'exterior des del dia del seu trasplantament.

El dia 27 de març es va retirar la manta tèrmica de les parcel·les de l'assaig. Es va considerar que ja no hi havia risc de gelades de suficient intensitat per malmetre les plantes que estaven brotant.

Durant el mes d'abril i fins a principis de maig es va anar fent el recompte de plantes que havien rebrotat, és a dir, de les plantes que havien sobreviscut les temperatures i les condicions de l'hivern per a cadascun dels tractaments de l'assaig. Amb aquests resultats es disposava ja de les dades necessàries per a fer l'estudi de la resistència a baixes temperatures. El dia 16 de maig es va aixecar el cultiu de les parcel·les de l'assaig (Imatge 3.20) i es van trasplantar les plantes vives a l'hivernacle per tal de continuar conreant-les de forma permanent en el substrat de perlita.

3.1.9. Estimació de la supervivència hivernal en camp obert

3.1.9.1 Objectiu de l'experiència

A banda de l'assaig ja descrit en el punt 3.1.8, es va fer un seguiment de la supervivència hivernal (hivern 2009-10) de l'estèvia en dues plantacions en camp obert amb l'objectiu de determinar els percentatges de plantes viables i així obtenir més dades sobre el comportament d'aquesta espècie en les nostres condicions agroclimàtiques.

3.1.9.2 Dades de les plantacions

Les plantacions en les quals es va fer aquest seguiment es trobaven a la mateixa zona on es van fer tots els assajos però en dues parcel·les separades i situades uns 700 metres l'una de l'altra. Les plantes emprades en ambdues plantacions provenien dels hivernacles de Pàmies Hortícoles i per tant pertanyien a la mateixa varietat població "Criolla", fet que afavoreix la comparació dels resultats obtinguts en ambdós llocs

Totes les plantes havien estat plantades la primavera de l'any 2009 i cada plantació va tenir una protecció diferent durant l'hivern 2009-2010. A continuació es descriuen les dues parcel·les on es trobaven les plantacions esmentades i les característiques de cadascuna d'elles:

Parcel·la A:

Situada dins l'explotació de Pàmies Hortícoles, a uns 100 metres de l'assaig descrit al punt 3.1.8. Aquesta parcel·la consta d'uns 500 m² d'estèvia plantada en quatre taules amb coberta de plàstic negre sense cap altre tipus de protecció (Imatge 3.21). Les taules són idèntiques a les emprades pel conreu d'enciams i mesuren 130 cm d'amplada a l'aresta superior de la taula, amb un pas de 40 cm entre taules. Les plantes estan en un marc de 35 x 25 cm. Hi ha 4 rengs de plantes per taula ja que els

rengs exteriors s'han plantat a uns 10 cm de l'aresta de la taula. El reg emprat és per aspersió.



Imatge 3.21 Bancals d'estèvia en camp obert a l'explotació Pàmies Hortícoles SL en els quals es va dur a terme el seguiment de la supervivència hivernal (parcel·la A).

Parcel·la B:

Aquesta parcel·la està situada a la mateixa partida Primera Marrada de Balaguer, a uns 700 metres al sud-oest de la parcel·la A. És la parcel·la cadastral número 126 del polígon 2 del terme de Balaguer. Les coordenades UTM del bancal on es va fer el seguiment són les següents:

X: 317069

Y: 4627049

Aquesta parcel·la està conreada per l'horticultor Jacint Mata, un productor de l'horta de Balaguer especialitzat en conreus de fulla i cucurbitàcies. L'estèvia es troba plantada en un bancal de 65 metres de llargada per 1,30 d'amplada, que suposa uns 85 m² de superfície ocupada per les plantes i amb el sòl cobert amb plàstic negre microperforat (Imatge 3.22).

El marc de plantació de l'estèvia és de 25 x 25 cm. Hi ha 6 rengs d'estèvia al llarg del bancal ja que les fileres exteriors estan plantades pràcticament a l'aresta de la taula. El sòl es troba protegit per una malla geotèxtil fosca. El reg en aquesta parcel·la B s'efectua per microaspersió ja que és el sistema emprat per aquest horticultor en gairebé tots els cultius que realitza. Un tub central sostingut per tutors metàl·lics porta un microaspersor cada 50 cm.

En aquesta parcel·la es valorarà la protecció d'una coberta de material vegetal, en concret la canya o canyot de panís picada i tallada en bocins d'uns 15 – 20 cm de llargada. La canya de panís es col·locarà damunt un plàstic que s'estendrà per damunt el bancal d'estèvia un cop efectuada la darrera sega. El gruix de coberta de canyot serà d'uns 20 cm.



Imatge 3.22 Bancal d'estèvia on es va assajar una protecció amb material vegetal (canyot de panís) durant l'hivern (parcel·la B).

3.1.9.3 Observacions efectuades

Durant l'any 2009 es va efectuar de forma setmanal un seguiment visual d'ambdues parcel·les per constatar que el creixement de les plantes era normal i que arribaven al final de la campanya en condicions òptimes. La plantació de la parcel·la A no es va protegir a banda de la coberta del sòl amb plàstic negre que ja s'havia col·locat abans de plantar l'estèvia.

A les imatges 3.23 i 3.24 es mostra una vista general de la parcel·la A abans de l'hivern i després de les gelades més severes de l'hivern 2009-10 que van assolir un valor absolut de $-9,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ el dia 20/12/09. La part aèria de les plantes es va malmetre totalment ja que fins i tot les tiges principals van quedar seques i sense cap indici de teixits vius. Cal dir que l'hivern 2009-10 va ser especialment cru pel que fa a les temperatures mínimes, amb els següents valors mensuals de mínima absoluta registrats a l'estació de Vallfogona de Balaguer:

Desembre 2009: $-9,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ el dia 20.

Gener 2010: $-5,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ el dia 10.

Febrer 2010: -7,3 °C el dia 14.

Març: -5,2 °C el dia 10.



Imatge 3.23 Bancals d'estèvia corresponents a la parcel·la A el dia 16.11.09, pocs dies abans de les primeres gelades.



Imatge 3.24 Els mateixos bancals de la parcel·la A el dia 28.01.10, després d'haver sofert les gelades més fortes de l'hivern que van arribar a -9,4°C.

Les imatges 3.25 i 3.26 mostren la vista general de la parcel·la B a finals de tardor i després de les gelades de l'hivern en què la protecció de canyot de panís cobria completament la superfície del bancal.



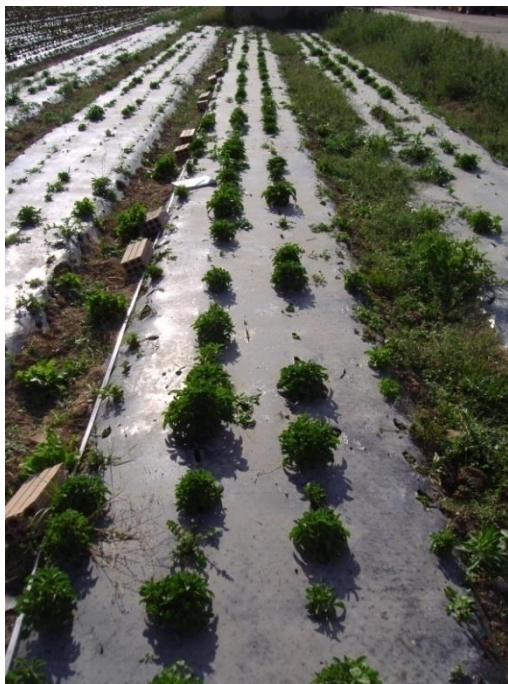
Imatges 3.25 - 26 A l'esquerra, la parcel·la B el dia 16.11.09 després de la darrera sega, poc abans de les primeres gelades. A la dreta, la mateixa plantació pocs dies després amb la protecció de canyot de panís. Es pot observar el plàstic que hi ha entre el canyot i la superfície del bancal d'estèvia.

El dia 27.04.10 es va fer el recompte de les plantes que van sobreviure l'hivern a les dues parcel·les. El comptatge es va fer a finals del mes d'abril ja que a diferència de l'any 2009, a l'any 2010 hi ha haver gelades relativament fortes fins la segona quinzena de març. Per a dur-lo a terme es van seleccionar a l'atzar petites àrees o unitats de comptatge dins les quals es van registrar les plantes viables per a continuar el cultiu d'estèvia. El disseny de les àrees on es va efectuar el recompte és el següent:

Parcel·la A:

Aquesta parcel·la constava de quatre bancals dels quals dos d'ells presentaven una supervivència molt baixa mentre que els altres dos mostraven un nombre de plantes vives superior i amb una disposició bastant homogènia. Davant això es va optar per fer el recompte en un dels dos bancals on la supervivència era major i més regular, en concret, el segon bancal començant per la cara nord de la parcel·la (Imatge 3.27).

Es van assenyalar aleatòriament cinc unitats de comptatge de 2 metres de llargada dins el bancal. Cada unitat suposava 36 plantes d'estèvia ja que hi havia 4 fileres de plantes en l'amplada del bancal i les plantes es trobaven a 25 cm dins cada filera.



Imatge 3.27 Bancals de la parcel·la A, el dia 28.04.10 a l'hora del recompte de les plantes que havien sobreviscut les gelades de l'hivern. Es va fer el recompte al segon bancal més al nord de la parcel·la (al centre de la fotografia) que és el que presentava un rebrot més homogeni.

Parcel·la B:

Aquesta parcel·la va mantenir la protecció amb cobertura de canya de panís fins el dia 31 de març de 2010. En el moment en què es va retirar la protecció, s'apreciaven algunes plantes amb senyals d'haver començat a brotar (Imatge 3.28).



Imatge 3.28 Planta d'estèvia amb rebrots el dia 31.03.10 en què es va retirar la protecció de la parcel·la B i que consistia en una capa de canyot de panís.

El recompte de plantes que havien sobreviscut l'hivern en aquesta parcel·la B es va efectuar de forma similar a la emprada en la parcel·la A. Es van escollir aleatòriament sis unitats de comptatge al llarg del bancal on cada unitat constava de 6 x 6 plantes, és a dir, formaven un requadre de mides 1,3 x 1,3 metres, on un dels costats era l'amplada del bancal. Cada unitat constava així de 36 plantes. La imatge 3.29 mostra una vista d'aquesta parcel·la amb plantes en fase de creixement després de l'hivern.



Imatge 3.29 Bancal de la parcel·la B amb les plantes que van sobreviure l'hivern, en una foto presa durant el mes de maig de 2010.

3.1.10. Disseny de l'assaig sobre multiplicació vegetativa

3.1.10.1. Objectiu de l'assaig i tractaments

L'assaig sobre multiplicació vegetativa té com a finalitat trobar un mètode millor per a la reproducció vegetativa de l'estèvia. Tradicionalment els esqueixos s'han arrelat sense cap tipus de producte arrelant i durant el període d'arrelament es reguen juntament amb la resta de planter d'hortalissa per mitjà del sistema de barra d'aspersió suspesa. Tal com s'ha comentat, el percentatge d'èxit en l'arrelament dels esqueixos d'estèvia és sovint deficient ja que segons l'època pot ser només del 60% aproximadament.

Per una banda, s'assajarà la utilització d'un producte arrelant per tal de veure si millora el percentatge d'arrelament respecte al mètode emprat actualment que no contempla la utilització de cap producte. A més, s'assajarà el mètode de cambra humida tal com recomana el Ministeri d'Agricultura del Paraguai (Casaccia i Álvarez, 2006) amb la finalitat de veure igualment si millora el percentatge d'èxit dels esqueixos.

És a dir, els dos tractaments (amb i sense producte arrelant) s'assajaran sota reg per aspersió i en cambra humida.

Tots els esqueixos es plantaran en el mateix tipus de torba, i es plantaran sense fer diferència entre esqueixos de final (apicals) o de la meitat de la tija. No obstant, es procurarà que el gruix dels esqueixos sigui similar, i la seva llargària d'uns 4 cm.

Els tractaments seran doncs els següents:

- esqueixos sense producte arrelant i en règim de reg per aspersió dins l'hivernacle
- esqueixos amb producte arrelant i en règim de reg per aspersió dins l'hivernacle
- esqueixos sense producte arrelant i dins cambra humida
- esqueixos amb producte arrelant i dins cambra humida

Es faran dues repeticions de cada tractament amb la finalitat de fer el corresponent estudi estadístic dels resultats.

3.1.10.2. Material emprat i disseny de l'assaig

En aquest assaig sobre arrelament d'esqueixos vegetatius, el material vegetal emprat són esqueixos obtinguts a partir de les tiges de plantes que es conreen de forma permanent sota hivernacle i pertanyents a la varietat població "Criolla".

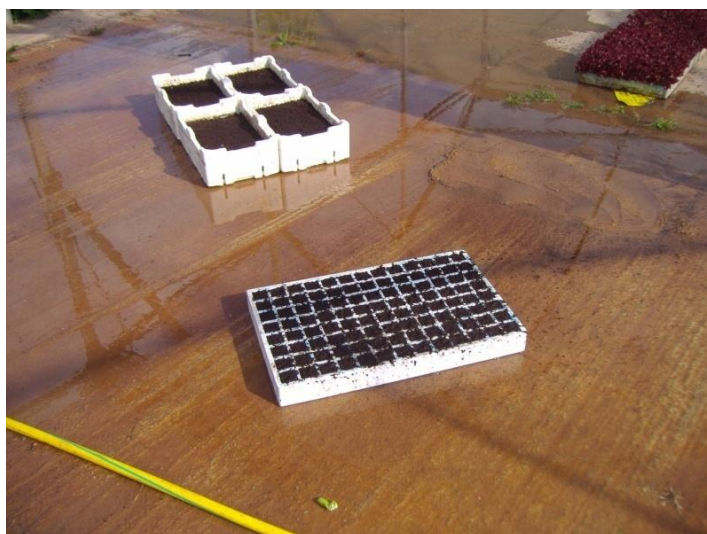
L'assaig d'arrelament es farà dins l'hivernacle multi-túnel i en la part que es rega amb les barres d'aspersió. Per tant, les esqueixos es disposaran en safates que estaran

elevades sobre els suports i les línies de filferro tal com es fa amb totes les safates de planter.

Les safates emprades seran capsas altes de poliestirè blanc, que es un material del qual l'explotació en disposa sempre ja que s'utilitza per envasar alguns productes com els enciams fulla de roure. Les mesures exteriors de la capsa en cm són 48,5 x 29,5 x 18 i disposen de forats de drenatge a la part inferior. El gruix del poliestirè és de 2 cm en totes les cares de la capsa. Aquestes safates s'omplen amb una alçada de torba d'uns 9 cm.

Els tractaments sota reg per aspersió es provaran a més a més en un tipus de safata diferent: la safata d'alvèols per planter on hi ha 104 alvèols (13 x 8 files) per safata. Les dimensions de la safata en cm són 70 x 44 x 7 i la dimensió de cada alvèol a la seva boca superior és de 4 x 4 cm. La forma interior de l'alveol és tronco-cònica amb un orifici de drenatge a la seva part inferior.

La imatge 3.30 mostra ambdós tipus de contenidor ja preparats per a la plantació dels esqueixos.



Imatge 3.30 Safates emprades per a l'assaig d'arrelament, ja preparades amb torba i regades.

El producte arrelant que s'emprarà és un fito-regulador en pols (DP) amb fungicida, registrat i comercialitzat per Fitosanitarios INABAR S.L. i amb el nom comercial *INABARPLANT IV*. La composició d'aquest fito-regulador és la següent:

Àcid 3-indolbutíric (AIB)	0,4% (p/p)
Àcid 1-naftilacètic (ANA)	0,4% (p/p)
Captan	15% (p/p)

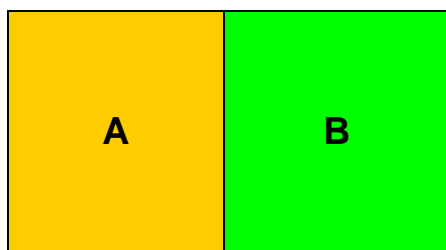
Segons les especificacions del fabricant, el producte està dosificat per al seu ús directe sense diluir. El procediment a emprar és el següent: es mulla la base de l'esqueix en aigua (1-2 cm) i s'introdueix en el pols. Seguidament s'elimina l'excés de pols amb un moviment i s'introdueix l'esqueix en el substrat procurant que no perdi el pols que hi té adherit (Imatge 3.31).

Les dues hormones presents en aquest fito-regulador són dues auxines. S'ha escollit aquesta combinació ja que són dues fito-hormones emprades per altres autors en assajos d'arrelament amb *Stevia rebaudiana*, com és el cas de Ingle (2008).



Imatge 3.31 Esqueix d'estèvia amb el fitoregulador adherit abans d'ésser plantat.

Dins de cada caixa es col·locaran els esqueixos en dues meitats, una per cada tractament A i B, on cada tractament es composaria de 5 files que estarien orientades en el sentit del costat més curt de la caixa i amb 7 esqueixos cada fila, la qual cosa donaria un total de 35 esqueixos per tractament (Imatge 3.32).



A: amb fito-regulador
B: sense fito-regulador

Imatge 3.32 Esquema amb la disposició dels tractaments dins cada caixa

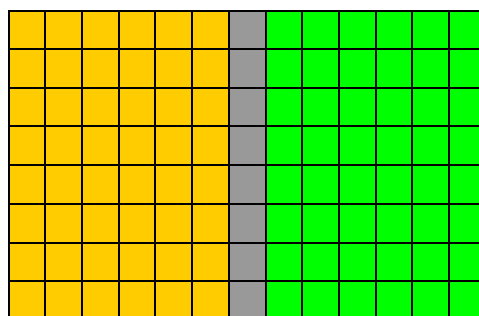
Es preparen 4 caixes (Imatge 3.33) amb aquesta disposició ja que es tenen dues repeticions per a cada tractament de reg (aspersió i cambra humida). Per a l'obtenció

dels esqueixos es procedeix com s'ha comentat anteriorment: es tallen parts de la tija de les plantes mare i després de deixar-les amb només dues fulles s'introdueixen a la torba prèviament saturada la qual ha perdut tota l'aigua fins quedar a capacitat de camp.



Imatge 3.33 Caixes amb els esqueixos ja plantats.

Al mateix temps mentre es dugui a terme l'assaig amb repetició a les caixes, també es realitzarà una prova en una safata d'alvèols, on s'hi plantaran esqueixos amb arrelant i sense per tal de veure si els resultats tenen semblança amb els que s'obtinguin de l'assaig que es duu a terme a les caixes regades per aspersió. A la safata d'alvèols s'hi disposaran els esqueixos segons es representa en la imatge 3.34, on cada cel·la correspon a un alvèol.



A

B

A: amb fito-regulador

B: sense fito-regulador

Imatge 3.34 Esquema de la disposició dels tractaments dins la safata d'alvèols

Cal dir que la plantació en safates d'alvèols és molt més senzilla a efectes pràctics i que per a la reproducció massiva per via vegetativa suposa un estalvi de temps sobretot a l'hora del trasplantament posterior de l'esqueix. No obstant, s'ha optat per fer l'assaig principal en caixes ja que la simulació de cambra humida es pot realitzar de millor forma en les caixes que no pas en les safates d'alvèols.

Seguint la pauta exposada per l'assaig en caixes, el color verd correspon a alvèols amb esqueixos sense fito-regulador i el color groc a alvèols d'esqueixos amb fito-regulador. Hi ha un total de 42 esqueixos per a cada tractament. La fila central separa les dues meitats de la safata i no té cap esqueix plantat (Imatge 3.35).



Imatge 3.35 Safata d'alvèols amb els esqueixos ja plantats.

Un cop preparades, les caixes i la safata es col·loquen en un mateix lloc dins l'hivernacle, on es sotmetran cadascuna a les condicions de reg establertes. Les safates amb el tractament de cambra humida es col·loquen a continuació de les safates que es regaran, tot i que no rebran cap reg. La cambra humida s'assoleix embolicant completament les caixes dins un plàstic transparent amb la finalitat que hi passi la llum però que no hi hagi cap intercanvi d'humitat entre l'interior de la cambra i el medi exterior (Imatge 3.36). Les safates que es regaran per aspersió es col·loquen de forma que no hi hagi separació entre elles a fi de minimitzar les variacions que hi puguí haver en el recorregut del sistema de reg suspès (Imatge 3.37).

Per tal d'evitar que l'aigua d'aspersió malmeti els esqueixos que no estan en cambra humida, les dues caixes i la safata es cobreixen amb una malla porosa que farà que les gotes de l'aigua de reg es trenquin amb la qual cosa l'aigua arribarà als esqueixos en forma de pluja fina sense impactar-hi. Aquesta malla actuarà al mateix temps d'ombracle per tal de protegir els esqueixos d'una insolació excessiva durant el període d'arrelament (Imatge 3.38)..



Imatge 3.36 Safates amb el tractament de cambra humida.



Imatge 3.37 Caixes i safata que tindran el règim hídric del reg per aspersió.

Igualment, es col·loca un termòmetre per tal de fer un seguiment de les temperatures màxima i mínima. El termòmetre disposa d'un sensor o sonda que es posarà dins la cambra humida (Imatge 3.39). D'aquesta manera, es podran recollir les temperatures extremes de l'interior de l'hivernacle i també de l'interior de les safates amb cambra humida. En aquest sentit, és important vigilar que la temperatura interior de la cambra humida no sigui excessiva ja que en algunes experiències realitzades a Pàmies Hortícoles s'ha observat que els esqueixos es poden malmetre si la temperatura assoleix valors al voltant de 50°C.

A fi d'evitar que la malla protectora sigui un element que distorsioni els resultats si només es col·loca sobre els esqueixos regats per aspersió, es cobreixen també amb

mailla les caixes de cambra humida. Aquesta protecció evita l'excés de temperatura dins la cambra humida, circumstància que tal com s'ha dit, podria malmetre els esqueixos.

Un cop plantats els esqueixos es deixen arrelar durant quatre setmanes i després es realitza el recompte dels arrelats. Tot seguit, aquests es trasplanten en test de plàstic de 10 cm de diàmetre i es fa un seguiment de les noves plantes durant quatre setmanes més a fi de valorar el seu creixement i la seva viabilitat final.



Imatge 3.38 Vista general de totes les caixes i de la safata un cop cobertes amb la malla blava protectora. Al fons, la barra d'aspersió suspesa. Les safates amb cambra humida es troben abans de l'inici del recorregut de la barra de reg.



Imatge 3.39 Vista de les caixes de cambra humida on es pot veure el termòmetre de màxima i mínima amb la sonda dins la cambra.

3.1.11. Estimació de paràmetres de cultiu sota hivernacle

3.1.11.1. Objectius

Amb la finalitat d'aprofundir en el comportament de l'estèvia a les nostres latituds i condicions agroclimàtiques, es va fer un seguiment del cultiu d'estèvia dins l'hivernacle a fi d'estimar diversos paràmetres agronòmics.

El paràmetre més important que es busca determinar és la producció mitjana anual. Des de l'any 2000 s'està cultivant estèvia sota hivernacle a l'explotació de Pàmies Hortícoles però no s'ha realitzat mai un seguiment del conreu per tal que quantificar quina és la producció real d'una campanya anual.

Igualment, es busca relacionar la producció potencial del cultiu amb altres paràmetres fàcilment mesurables com són l'alçada mitja del conreu i la superfície foliar. La finalitat d'aquestes determinacions serà la d'establir una correspondència entre el moment de la sega i el rendiment obtingut. Fins ara, el moment de la sega ve determinat normalment per l'aparició dels botons florals ja que segons la bibliografia aquest és el moment quan el contingut de glicòsids dolços en la fulla es troba en el seu màxim valor. No obstant, hi ha moments en què per raons de disponibilitat de mà d'obra o per simultaneïtat amb altres feines a l'explotació, no és possible la recol·lecció en el moment de l'aparició de botons florals i s'ha d'avançar o posposar en el temps.

Així, es determinaran valors per als següents paràmetres:

- biomassa o producció de fulla en verd
- producció de fulla seca
- alçada del cultiu
- superfície foliar

3.1.11.2. Materials i mètodes emprats

L'estimació dels paràmetres de cultiu es va realitzar en tres bancals o taules a terra situats a l'extrem sud de l'hivernacle gran, els únics que en el moment de l'estudi presenten un cultiu permanent d'estèvia. Els tres bancals presenten cultius de diferent edat: 1, 3 i 9 anys. Tots ells contenen l'única varietat que s'hi conrea que com s'ha dit prèviament és la varietat Criolla. La disposició de cada bancal (A, B, C) es mostra a la imatge 3.40

Tal com s'ha descrit prèviament, l'amplada dels bancals és de 80 cm i la dels passadissos entre bancals és de 70 cm. Tots els bancals es reguen per degoteig mitjançant 3 línies de goters disposades de forma equidistant damunt la superfície del substrat, amb goters dobles incorporats cada 30 cm dins la mànega.

Les característiques de cada bancal pel que fa a la plantació són les següents:

Bancal A

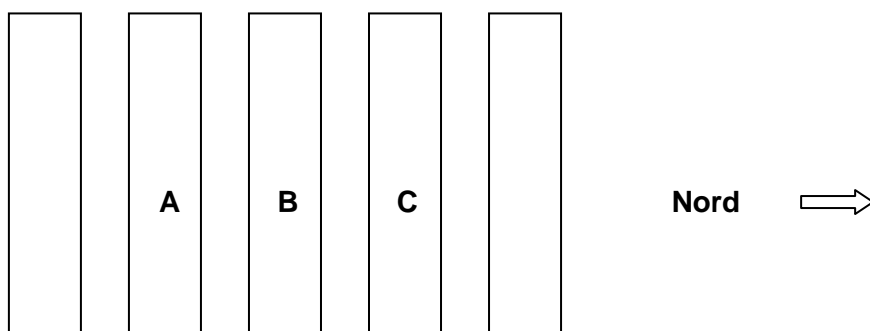
Trasplantat el mes de maig de 2009, té tres rengs de plantes separats 30 cm entre ells i els dos exteriors queden a uns 12 cm de la vora del bancal. Dins de cada reng les plantes estan separades 10 cm. Tenint en compte l'espai dels passadissos, aquest marc suposa una densitat de 200.000 plantes / ha. Al ser una plantació recent, les plantes presenten únicament una tija que es comença a ramificar a partir d'uns 3 - 4 cm per sobre de la superfície del sòl.

Bancal B

Trasplantat el mes de juny de l'any 2000, té quatre rengs de plantes separats 20 cm entre ells i els dos exteriors queden a 10 cm de la vora del bancal. Dins de cada reng les plantes es troben a 20 cm. Tenint en compte l'espai dels passadissos, aquest marc suposa una densitat de 133.300 plantes / ha. Aquest bancal disposa doncs de plantes d'estèvia de 9 anys, una edat superior a la que assenyala la bibliografia com a duració recomanada per a les plantacions d'estèvia, que és de 5 - 6 anys. Degut a la seva edat, cada planta presenta nombrosos brots des del coll amb la qual cosa les plantes són de fet mates de tiges múltiples que formen dins el mateix reng una banda contínua de vegetació.

Bancal C

Trasplantat el mes de juny de 2007, té tres rengs de plantes separats 30 cm entre ells quedant els dos exteriors a uns 12 cm del marge del bancal. Dins de cada reng les plantes estan separades 15 cm. Tenint en compte l'espai dels passadissos, aquest marc suposa una densitat de 133.300 plantes / ha, que és igual a la del bancal B. Al ser una plantació de dos anys en el moment d'aquest estudi, cada planta presenta ja diversos brots basals, fet que els dona un aspecte de mata propi de les plantes d'estèvia en conreu plurianual.



Passadís central de l'hivernacle (extrem sud)

Imatge 3.40 Esquema amb la disposició del bancals dins l'hivernacle

Per tal de realitzar les determinacions, es van dur a terme mesuraments durant la campanya sense que això suposés la realització d'un assaig experimental amb tractament estadístic, ja que no hi haurà repeticions. No obstant, amb diferents mesuraments realitzats durant el cicle del cultiu, es podrà realitzar una corba gràfica de l'evolució dels diferents paràmetres al llarg de la campanya per a cada parcel·la A, B i C.

Per a la determinació dels valors a estudiar, dins de cada bancal s'assenyala una petita parcel·la d'un metre de llargada, amb característiques homogènies i amb plantes de desenvolupament normal, representatives de la majoria de plantes del bancal. Com que l'amplada dels bancals és de 80 cm, la superfície efectiva conreada de cada parcel·la serà doncs de $0,8 \text{ m}^2$. S'aprofita l'existència de varetes d'acer clavades al sòl cada 50 cm que actuen de suport de les parets del bancal per a col·locar-hi tubs en forma d'arc de banda a banda que marcaran els límits de cada parcel·la (Imatge 3.41).

Si es considera que els passadissos fan 70 cm d'amplada, es pot concloure que cada parcel·la ocupa en realitat $1,5 \text{ m}^2$ d'hivernacle. Aquesta dada s'utilitzarà a efectes del càlcul econòmic de rendiment per superfície coberta.

Les parcel·les es situen al mig dels bancals i en un indret de forma que estiguin prop l'una de l'altra per tal que estiguin en condicions similars de llum i temperatura.



Imatge 3.41 Vista dels bancals A, B i C (d'esquerra a dreta) on s'hi ha delimitat les parcel·les amb arcs de polietilè.

La determinació de la producció de biomassa o producció en verd es du a terme mitjançant la sega manual de les plantes quan assoleixin una alçada aproximadament de 50 cm o quan es vegi l'aparició de suficients botons florals que indiquin una tendència de les plantes a la plena floració. Seguidament, es pesa la biomassa segada en una balança digital que es troba a la mateixa explotació.

L'alçada mitja de les plantes es determina mitjançant cinta de mesurar metàl·lica i es prenen 10 mesures aleatòries per tal d'obtenir la mitja de totes elles.

Per tal de determinar la superfície foliar o un índex adient com el LAI (*leaf area index*), i degut a que els procediments d'escanejat suposarien un volum de treball que surt de l'abast d'aquest estudi, s'opta per determinar la radiació fotosintètica interceptada pel cultiu (PAR) mitjançant un ceptòmetre. Aquest valor ens donarà una indicació de la superfície foliar en cada estadi del conreu.

La producció de fulla seca es determina mitjançant el pesat amb balança de precisió de la matèria vegetal assecada. L'assecatge es realitza dins l'hivernacle mitjançant l'estesa de la matèria verda sobre lones de malla, que és el mètode que s'ha emprat tradicionalment a Pàmies Hortícoles abans de la recent construcció dels assecadors solars. La matèria seca es divideix en dos components: tija i fulla, ja que tots dos són susceptibles d'aprofitament. La fulla és la part que té un ús medicinal i edulcorant mentre que la tija es pot emprar per a preparar extractes amb la finalitat de dur a terme tractaments en plantes o al sòl.

3.2. Variables mesurades

3.2.1. Supervivència a les baixes temperatures

3.2.1.1. Parcel·les d'assaig

A les parcel·les de l'assaig amb tres tractaments i tres repeticions es va fer un seguiment setmanal de l'estat de les plantes i es van enregistrar anotacions sobre els danys observats a més de material gràfic fotogràfic per tal de valorar la resistència de l'estèvia a les temperatures mínimes. Durant les setmanes de sortida de l'hivern, es va anotar el progressiu rebrot de les plantes en cadascun dels tractaments a fi de valorar la supervivència de les plantes a les baixes temperatures.

3.2.1.2. Parcel·les en camp obert

En les parcel·les en camp obert es va fer un seguiment quinzenal per tal d'anotar les possibles incidències durant els mesos d'hivern i es va fer un recompte final de les plantes vives que es detalla en l'apartat de resultats.

3.2.2. Arrelament d'esqueixos

El dia 25.04.09 es van tallar els esqueixos i es van situar en les safates d'acord amb el disseny de l'assaig descrit en el punt 3.1.8. A partir d'aleshores es va fer un seguiment de les safates setmanalment per tal veure la seva evolució. Al cap de tres setmanes, el dia 16.05.09 es va fer el recompte de tots els esqueixos i es van plantar els que eren viables a fi de seguir el seu desenvolupament posterior.

3.2.3. Determinacions del cultiu sota hivernacle

Es van efectuar setmanalment durant un període de quatre mesos, des del dia 23.06.09 fins el dia 23.10.09 i amb la finalitat d'estudiar una possible correlació entre alçada, superfície foliar y rendiment en biomassa de tres cultius d'estèvia d'edats diferents.

3.2.3.1. Alçada de les plantes

L'alçada de les plantes es va mesurar mitjançant cinta mètrica metàl·lica. La mostra es composava de deu plantes escollides a l'atzar i s'obtenia la mitja aritmètica.

3.2.3.2. Biomassa

Es van efectuar segues periòdiques en cada parcel·la experimental en el moment adient. Aquest es corresponia amb l'aparició de botons florals en algunes plantes de la parcel·la o quan algunes plantes assolien una alçada suficient a partir de la qual es podien produir problemes d'ajagut i per tant, de pèrdua de rendiment.

Les segues es duïen a terme manualment amb estisores d'esporgar tallant les tiges a uns 10 – 12 cm del sòl (Imatge 3.42). La part verda tallada es pesava immediatament i es posava a secar en lones per tal d'obtenir posteriorment el pes sec de la sega.



Imatge 3.42 Sega manual d'una parcel·la experimental d'estèvia dins l'hivernacle.

3.2.3.3. Rendiment en planta seca

Un cop efectuada la sega i pesada la biomassa obtinguda, s'estenien les tiges tallades en una lona sota coberta en un extrem ventilat de l'hivernacle gran, i es giraven al cap d'un dia a fi que l'assecat fos més uniforme (Imatge 3.43). El material tallat es deixava allí fins que les fulles quedaven seques al tacte i es podien trencar en fregar-les amb la mà. Aquest era el senyal que havien arribat a un contingut d'humitat suficient per a la seva conservació.



Imatge 3.43 Estèvia acabada de segar i estesa sobre lona de malla sintètica per al seu assecatge.

Tot i haver un assecador recentment instal·lat a l'explotació en què ens trobem, es va optar per aquest mètode d'assecat ja que és el que tradicionalment s'ha emprat a Pàmies Hortícoles. El fet que l'estèvia seca obtinguda per aquest mitjà es pugui envasar sense risc de fer-se malbé el valida per a ser utilitzat per aquells productors que vulguin obtenir estèvia seca. L'avantatge de l'assecador solar o de qualsevol altre que es vulgui instal·lar és principalment la rapidesa en l'assecat, que permet processar una quantitat més alta de material vegetal sense ocupar espai a l'hivernacle.

Un cop sec, el material es tractava manualment a fi de separar les tiges i les fulles, que es pesaven de forma independent (Imatge 3.44). No es disposava de maquinària per a dur a terme aquesta operació i com que les quantitats que es tractaven ho permetien es va dur a terme de forma totalment manual.



Imatge 3.44 Productes finals després de l'assecatge: fulla seca (dreta) i tiges (esquerra).

Val a dir que el mercat d'estèvia seca de qualitat no admet el producte acabat on hi apareguin parts de tiges gruixudes, per la qual cosa és necessari efectuar l'operació de separació de tiges de forma acurada. Acabada l'operació, es pesaven per una banda la fulla seca obtinguda i per l'altra les tiges. Les tiges d'estèvia tenen encara un cert contingut en glicòsids i poden ser emprades per la indústria dels edulcorants. També poden ser emprades com a material per compostatge o com a subproducte amb les qualitats que s'han esmentat en el punt 1.2.5.1.

3.2.3.4. Radiació fotosintèticament activa interceptada pel cultiu (PAR)

Es va mesurar la Radiació Fotosintèticament Activa, d'ara endavant PAR (de l'acrònim anglès per *Photosynthetically Active Radiation*) interceptada per les plantes d'estèvia a fi de valorar el creixement i la superfície foliar d'aquest cultiu en les condicions tant d'exterior com sota hivernacle. La PAR és la radiació fotosintèticament activa i es considera que és la radiació de l'espectre compresa entre 400 i 700 nanòmetres. La

radiació PAR representa la porció de l'espectre que les plantes poden utilitzar per a la fotosíntesi.

Tot i que hi ha mètodes específics per tal de mesurar la superfície foliar com és el cas del índex d'àrea foliar (LAI: *Leaf Area Index*), la complexitat del mètode de mesura d'aquest índex es va considerar fora de l'abast d'aquest estudi ja que suposaria per si mateix un volum de treball gairebé per constituir un estudi o projecte independent.

En el cas del cultiu sota hivernacle, es pretén relacionar el valor del PAR interceptat amb els paràmetres d'alçada i rendiment del cultiu. Monteith (1977) va observar que la producció en matèria seca d'una comunitat vegetal està directament relacionada amb la quantitat de radiació fotosintèticament útil que és interceptada per la massa foliar.

En el cultiu a l'exterior, els valors de la PAR es relacionaran només amb el paràmetre d'alçada de les plantes ja que no s'ha fet un seguiment de la producció de biomassa en les condicions de cultiu a l'exterior.

La determinació dels valors de la PAR interceptat es va dur a terme amb un ceptòmetre model Sunfleck, fabricat per Decagon Devices i distribuït per l'empresa australiana ICT International. Aquest ceptòmetre consisteix en una sonda i un microcontrolador integrats. La sonda té uns 90 cm de llargada i conté uns 80 fotodíodes sensibles a l'amplada d'ona de la radiació fotosintèticament activa o PAR, compresa entre 400 i 700 nm. El microcontrolador interpreta les senyals provinents de la sonda y dona a l'instant la lectura de la PAR. Per operar el ceptòmetre, es va usar el mode de mostra manual i que consisteix en prémer el botó de lectura cada cop que es vol prendre una mesura. L'aparell mostra el valor de la PAR cada cop que es prem el botó però va guardant les mesures a fi de poder donar la mitja quan se li demana. A fi de començar una nova tanda de mesures de les quals ens interessa el valor mig es poden esborrar els valors anteriors.

Normalment es quantifica la PAR en μmol de fotons per metre quadrat i segon ($\mu\text{mol} / \text{m}^2 / \text{s}$), que és una mesura de la densitat de flux de fotons fotosintèticament actius.

Com que les lectures de la PAR que dona l'aparell corresponen a la radiació fotosintèticament activa que arriba a la sonda del ceptòmetre, a fi de mesurar la PAR interceptat pel cultiu caldrà prendre en primer lloc el valor d'aquesta radiació per sobre de la massa foliar del cultiu (*canopy* en anglès) i després fer-ho a nivell del sòl sota les plantes. La diferència entre ambdós valors equival a la radiació PAR interceptada i que guarda relació directa amb la superfície total de la *canopy* o part aèria del cultiu.

A fi de dur a terme lectures fiables cal situar el ceptòmetre en posició completament horitzontal ja que una inclinació a favor o en contra dels raigs del sol suposen una gran variació en la lectura de la PAR per a un mateix punt. Aquesta precaució és especialment important si prenem lectures per sobre de la vegetació i no tant si ho fem per sota. No obstant, convé seguir-la sempre en la mesura possible. Igualment, és recomanable efectuar diverses lectures per a un lloc concret i extreure'n el valor mig, especialment en les lectures sota la *canopy*, on la llum és extremadament variable.



Imatge 3.45 Presa de lectures de PAR amb el ceptòmetre en una parcel·la experimental dins l'hivernacle.

Igualment, és recomanable realitzar les lectures de forma que es segueixi la mateixa pauta en la col·locació de la sonda en relació a la disposició de les plantes i els rengs. En el cas de plantes en files o rengs, es pot situar la sonda perpendicularment o en diagonal respecte a les files, de forma que es compensi la variació existent entre les zones centrals intermèdies i les zones més properes a les plantes.

Durant un període de 4 mesos, des del 23.06.09 fins el 23.10.09, es van realitzar lectures amb el ceptòmetre cada setmana en les diferents parcel·les dins l'hivernacle i també al camp a l'exterior.

A l'exterior es prenen 10 lectures de forma aleatòria i se'n enregistra el promig. Degut a la grandària de les parcel·les experimentals dins l'hivernacle, les lectures enregistrades constitueixen el promig de 5 lectures preses de manera aleatòria per a cada parcel·la i variable (damunt cultiu, dins cultiu) (Imatge 3.45). Dins el cultiu a l'hivernacle les lectures es prenen amb el ceptòmetre sobre el sòl paral·lelament als rengs i equidistant entre ells i també en diagonal.

Totes les lectures es van prendre en la franja horària entre 2 i 3 de la tarda, corresponents a les 12 – 13 hores solars ja que l'hora oficial durant el període de l'assaig era GMT + 2. Les lectures es van realitzar sempre en moments amb el cel lliure de núvols. Per aquest motiu, en alguna ocasió les mostres no es van prendre en intervals exactes d'una setmana ja que va caler de vegades esperar un dia amb cel serè.

Dins l'hivernacle es van prendre també periòdicament lectures globals per estudiar l'efecte de la coberta i poder comparar-lo per cada parcel·la experimental. Les lectures es van prendre sobre dels cultius i de forma aleatòria pels diferents passadissos. Es realitzaven 10 lectures i se'n enregistra el promig.

4. Resultats i discussió

4.1. Supervivència a les temperatures baixes

4.1.1. Parcel·les d'assaig amb tres tractaments

Els resultats de l'assaig amb tres tractaments pel que fa al comportament de l'estèvia davant les baixes temperatures inclou per una banda les observacions fetes en camp durant l'hivern 2008-09 pel que fa a l'afectació de les plantes a causa de les gelades ocorregudes i per l'altra banda el recompte de les plantes que van sobreviure i per tant que van brotar per iniciar el nou cicle de la campanya 2009.

4.1.1.1. Afectació i danys observats

Pel que fa a les observacions realitzades, a continuació es resumeixen, mes a mes, els resultats més importants corresponents a les parcel·les on es va assajar la supervivència a les temperatures d'hivern.

Novembre 2008

El dies 14, 15 i 16 d'aquest mes es van registrar gelades febles, amb temperatures mínimes de $-1,8^{\circ}\text{C}$ el primer dia i de $-0,5^{\circ}\text{C}$ els altres dos dies. No es van observar danys visibles a les plantes en cap part aèria, sigui tiges, fulles o flors (Imatge 4.1).



Imatge 4.1 Plantes d'estèvia el dia 22.11.08, després de produir-se gelades febles durant les quals es van assolir temperatures mínimes fins a $-1,8^{\circ}\text{C}$. No hi ha danys visibles en cap part aèria de les plantes.

Les matinades dels dies 26 a 29 de novembre de 2008 es van registrar gelades de fins a -5°C . Es van observar diferents danys en les plantes de les parcel·les que no estaven cobertes per manta tèrmica (Imatges 4.2 i 4.3), tant en la part aèria

corresponent a les branques i fulles com a la tija principal, que en alguns casos va mostrar danys irreversibles a la seva epidermis.



Imatge 4.2 Plantes afectades per les gelades de finals de novembre de 2008, quan es van assolir gelades de -5°C .



Imatge 4.3 Detall de la tija principal d'una planta d'estèvia amb l'epidermis trencada a causa de les gelades de finals de novembre de 2008.

Desembre 2008

Durant la primera quinzena de desembre es van produir gelades de diversa intensitat, i es van assolir els -5°C altre cop el dia 11. Durant la segona quinzena d'aquest mes les gelades van ser també freqüents encara que de menys intensitat, amb mínimes que van ser de -3°C . Es va constatar que la part aèria de la totalitat de les plantes va

resultar afectada per les temperatures assolides (Imatge 4.4), quedant palès doncs que l'aprofitament de la biomassa de les plantes es pot allargar fins a les dates de les primeres gelades de poca intensitat, però no més enllà ja que la qualitat de les fulles i les tiges es deteriora notablement.



Imatge 4.4 Dies després de les gelades de -5°C , l'epidermis de les tiges s'obre i es desprèn completament, fet que causa la mort de la totalitat de la part aèria de les plantes.

Durant el mes de desembre les gelades van ser continuades i el sòl va romandre permanentment gelat durant uns quants dies en que no es desgelava ni durant les hores del migdia.

Gener 2009

Es van enregistrar gelades especialment durant la segona i tercera setmana del mes amb mínimes absolutes de -5°C el dia 21. Els dies 24 i 25 es van girar vents de mestral de forta intensitat que van esquinçar la manta tèrmica a causa de les tiges seques de les mates d'estèvia que van perforar la manta i amb el vent es va anar esquinçant. S'observen les plantes sota la manta tèrmica fortament afectades per les baixes temperatures dels dies passats (Imatge 4.5).

Cap a final de mes les temperatures màximes van arribar pràcticament als 20°C i es podia constatar que el plàstic negre s'escalfava sensiblement i amb ell el sòl de davall. Les parcel·les que no tenien la cobertura amb plàstic negre tenien el sòl gelat per més temps durant els matins en què hi havia hagut gelada.



Imatge 4.5 Danys a l'epidermis de la tija en una planta protegida amb manta tèrmica durant les gelades de gener de 2009.

Febrer 2009

El dia 1 de febrer es va retirar la manta tèrmica ja que estava malmesa i es va substituir per manta nova. Es va procedir a tallar la tija de les plantes d'aquestes parcel·les pràcticament arran de terra, a fi que no pogués tornar a provocar l'esquinçament de la manta en cas de vent tal com havia succeït dies enrere. S'observa que la part aèria de totes les plantes, en tots els tractaments, és morta.

Març 2009

Durant aquest mes es van començar a observar plantes amb nous brots, tots ells sorgint des del coll o corona de la planta, per sota de la tija principal (Imatges 4.6 i 4.7).



Imatge 4.6 Planta d'estèvia amb nous brots a nivell del coll de la planta, en data 7.03.09, en una de les parcel·les protegides amb manta tèrmica.



Imatge 4.7 Detall dels brots incipients un cop descoberta la capa superficial del sòl, on es pot apreciar que el seu creixement s'inicia a la zona de la corona, tot just on comencen les arrels, en una altra planta protegida amb manta tèrmica, en data 7.03.09.

Abril 2009

Durant aquest mes el rebrot de les plantes d'estèvia es va anar intensificant i les plantes que havien sobreviscut van créixer de forma desigual, essent més desenvolupades en les parcel·les en que hi havia el sòl cobert amb plàstic negre (Imatges 4. 8, 4.9 i 4.10).



Imatge 4.8 Vista general de les parcel·les de l'assaig el dia 10.04.09, on es pot observar que entre tots els tractaments, les plantes rebroten i es desenvolupen amb més intensitat en les parcel·les que estaven protegides amb manta tèrmica, en les que ara es visible el plàstic negre.



Imatge 4.9 Tractament amb sòl nu: es compten menys rebrots i els que surten ho fan amb un retard considerable. Imatge presa el dia 10.04.09.



Imatge 4.10 El tractament que consisteix en sòl cobert amb palla és el que mostra una menor supervivència i un major retard en l'aparició de brots. Imatge d'un rebrot el dia 25.04.09.

Maig 2009

Es va dur a terme un examen visual del desenvolupament radicular que les plantes havien tingut en el tipus de sòl descrit a l'apartat 3.1.3., és a dir, un sòl franc-llimós amb contingut alt de calcari. Igualment, es va constatar de forma visual que la intensitat del rebrot de les plantes després de l'hivern no guardava una relació aparent amb el volum del sistema radicular ja que hi va haver casos de plantes amb un bon

desenvolupament radicular però amb un resultat molt diferent pel que fa a la intensitat de rebrot després de l'hivern (Imatge 4.11 i 4.12).



Imatge 4.11 Planta amb rebrots vigorosos i que presenta el sistema radicular en bon estat i amb un volum d'arrels mitjà.



Imatge 4.12 Planta que no va sobreviure l'hivern, tot i presentar un sistema radicular similar en desenvolupament al de la planta de la imatge anterior.

A partir d'aquestes primeres observacions, sembla ser doncs que la supervivència hivernal de les plantes d'estèvia no dependria de la influència de les temperatures baixes sobre el conjunt de les arrels sinó de l'efecte sobre el coll de la planta, la zona on la tija dona pas a les arrels.

4.1.1.2. Evolució de les plantes rebrotades

Tal com s'ha exposat en l'apartat anterior, a partir de la primera setmana del mes de març de 2009 es van començar a observar rebrots en les plantes de l'assaig de supervivència a temperatures baixes. Es va dur a terme un seguiment pràcticament setmanal de forma que s'anotaven el total de plantes que visiblement havien rebrotat en cadascuna de les parcel·les. El recompte va iniciar-se el dia 14 de març i va finalitzar el 15 de maig. Es va considerar que en aquesta darrera data totes les plantes que no havien rebrotat estaven mortes, i en qualsevol cas la viabilitat de les plantes no rebrotades seria molt minsa a efectes del conreu i del futur rendiment.

A la taula 4.1 es mostren les dades descriptives fruit de l'observació de les plantes que anaven rebrotant per cada parcel·la en seqüència cronològica durant tot el període de recompte. Es mostra el quadre complet de totes les repeticions amb l'evolució temporal per tal que es pugui valorar la precocitat relativa que presenten les plantes en cadascun dels tractaments. Es pot observar que les plantes corresponents al tractament de coberta del sòl amb plàstic negre (PL) presenten una precocitat major que les dels altres dos tractaments.

Taula 4.1 Evolució en el temps del nombre de plantes que havien rebrotat visiblement en cada una de les dates assenyalades. Els valors corresponen al nombre de plantes rebrotades sobre el total de 28 plantes inicials de cada parcel·la.

Dates	Parcel·les experimentals								
	1 - C	2 - PL	3 - PA	4 - PL	5 - PA	6 - C	7 - PL	8 - C	9 - PA
14 març	0	2	0	0	0	0	3	0	0
20 març	0	3	0	0	0	1	4	0	0
27 març	0	6	0	1	0	3	5	1	0
3 abril	1	9	0	2	1	4	8	1	0
10 abril	2	11	1	4	2	5	9	2	0
17 abril	2	11	1	4	3	5	9	2	0
21 abril	2	11	1	4	4	7	9	3	0
25 abril	2	12	1	4	4	8	9	6	0
2 maig	3	12	1	4	5	8	9	6	0
9 maig	4	12	1	4	6	9	9	6	0
15 maig	4	12	1	4	6	9	9	6	0
Nombre final de plantes vives	4	12	1	4	6	9	9	6	0

La fila inferior mostra el nombre total de plantes que el dia 15 de maig havien rebrotat i per tant es considerava que havien sobreviscut les condicions agroclimàtiques de l'hivern 2008-09.

4.1.1.3. Anàlisi dels resultats de supervivència

Amb els resultats obtinguts en l'assaig de supervivència es poden elaborar les taules 4.2 i 4.3 d'anàlisi de variància i separació de mitjanes que es mostren a continuació.

Taula 4.2 Quadre de separació de mitjanes per a cada tractament amb la seva significació.

Tractament	Mitjana de plantes vives	Número de repeticions
C	6,33 a	3
PL	8,33 a	3
PA	2,33 a	3

Taula 4.3 Quadre amb les dades de l'anàlisi estadístic corresponent a l'assaig de supervivència on la variable depenent és el nombre de plantes vives

Font	Graus llibertat	Suma quadrats	Quadrat de la mitjana	F	Pr > F
Model	2	56,0000	28,0000	2,55	0,1583
Error	6	66,0000	11,0000		
Total	8	122,0000			

D'acord amb el quadre de separació de mitjanes (Taula 4.2) no hi ha diferències significatives pel que fa a la supervivència entre els tres tractaments ja que tots mostren la mateixa lletra. Igualment, l'anàlisi estadístic (Taula 4.3) mostra que no hi ha significació per a un valor de $\alpha = 0,05$. Aquests resultats han estat obtinguts mitjançant el programa SAS.

Tot i això, els resultats globals amb protecció de plàstic són millors que els altres dos tractaments pel que fa a percentatge total de supervivència i per tant seria aconsellable seguir assajant sistemes de protecció hivernal que incloguessin la cobertura del sòl amb plàstic negre microperforat.

El fet que el tractament amb protecció de palla (PA) ofereixi uns resultats de supervivència a nivell global inferiors al control (C) podria ser degut a dos motius. L'un seria un possible excés d'humitat en les parcel·les cobertes amb palla, fet que hauria provocat podridura de les arrels de l'estèvia. L'altre motiu podria ser que la palla hagués impedit l'escalfament del sòl produït per la radiació solar durant el dia i que la temperatura del sòl en les parcel·les amb aquest tractament hagués romàs en valors sota zero per un temps més perllongat que la resta de parcel·les.

Malgrat aquestes diferències entre tractaments considerant el nombre total de plantes que han sobreviscut globalment en les tres repeticions, l'anàlisi estadístic confirma que per a un nivell del 0,05 no hi ha diferències significatives entre els tractaments, per la qual cosa no podem establir cap conclusió sobre la conveniència d'algun d'ells.

4.1.2. Parcel·les en camp obert

4.1.2.1. Anàlisi de les diferències entre tipus de protecció

Tal com s'ha explicat al punt 3.1.9.3, el dia 27.04.10 es va fer el recompte de les plantes que van sobreviure l'hivern a les dues parcel·les A i B on es va fer aquest seguiment, amb cinc unitats de comptatge o repeticions per a cada parcel·la.

A les taules 4.4 i 4.5 es mostren els valors estadístics amb la separació de mitjanes i l'anàlisi de variància.

Taula 4.4 Quadre de separació de mitjanes corresponent a les parcel·les A i B en camp obert

Parcel·la	N	Variable	Màxim	Mitjana	Mínim	Desviació estàndard
A	5	Pl. vives	21	18,6 a	17	1,673
		Perc. %	58,3	51,7	47,2	0,046
B	5	Pl. vives	18	16,4 b	15	1,140
		Perc. %	50,0	45,6	41,7	0,032

Taula 4.5 Quadre amb les dades de l'anàlisi estadístic per a les parcel·les en camp obert

Font	Graus llibertat	Suma quadrats	Quadrat de la mitjana	F	Pr > F
Model	1	12,1000	12,1000	5,90	0,0412
Error	8	16,4000	2,0500		
Total	9	28,5000			

L'anàlisi estadístic ens mostra diferències significatives entre les dues parcel·les per a un $\alpha = 0,05$. Amb un percentatge mig de supervivència del 51,7 %, la parcel·la A presenta un valor major que la parcel·la B, que registra un percentatge mig de supervivència del 45,6 %. Aquesta diferència, significativa estadísticament, hauria de ser deguda al tractament rebut. En aquest cas, la cobertura permanent amb canyot de panís no només no ha suposat més supervivència de plantes que la simple protecció del sòl amb plàstic negre microperforat, sinó que ha obtingut pitjors valors. No obstant,

sembla contradictori que un sistema que evita la congelació de la primera capa del sòl i per tant la congelació de la corona de la planta, resulti en una menor supervivència que un sistema que en principi, deixa el sòl exposat a un cert grau de congelació durant les matinades més fredes.

Una de les hipòtesis per tal d'explicar la diferència de resultats entre les dues parcel·les podria ser que la cobertura permanent amb làmina de plàstic i una capa de canyot ha suposat per a les arrels de les plantes d'estèvia unes condicions d'humitat excessiva i un cert ambient anaerobi que hauria originat el podriment i la mort d'un cert nombre de plantes.

4.1.2.2. Anàlisi entre parcel·les protegides amb plàstic

Com que el tractament existent a la parcel·la A és similar al tractament PL que es va aplicar en l'assaig amb tres tractaments i tres repeticions i que consistia en cobrir el sòl amb plàstic negre i afegir manta tèrmica durant el període de gelades, es comparen a continuació els resultats d'ambdues experiències per tal de veure si hi ha alguna diferència significativa entre elles. Com que el nombre de plantes de les repeticions era diferent en cada tractament (28 plantes en cada repetició del tractament PL i 36 plantes per a cada repetició del tractament A) es realitza l'anàlisi estadístic sobre el valor dels percentatges de supervivència (plantes vives sobre el total de plantes).

La taula 4.6 mostra els valors de separació de mitjanes per als dos tractaments, on A es refereix als resultats corresponents a la parcel·la A en camp obert i PL als resultats al tractament de protecció amb plàstic + manta tèrmica de l'assaig amb tres tractaments.

Taula 4.6 Quadre de separació de mitjanes per a cada tractament amb la seva significació. La variable dependent és el percentatge de supervivència en tant per u.

Tractament	Mitjana	Número de repeticions
A	0,5167 a	5
PL	0,2976 b	3

A la taula 4.7 es poden observar els valors corresponents a l'anàlisi de variància per a la variable dependent igual al percentatge de supervivència en tant per u pel que fa als tractaments A (parcel·la A en camp obert) i PL (protecció amb plàstic negre + manta tèrmica).

L'anàlisi estadístic ens demostra que hi ha diferències significatives entre ambdós tractaments tot i tractar-se de sistemes de protecció molt similars. Fins i tot l'existència addicional de manta tèrmica en el tractament PL no ha suposat un millor resultat de

supervivència en aquesta opció. Per tant, hi ha d'haver algun factor a banda del sistema de protecció que expliqui la diferència obtinguda entre les dues parcel·les.

Taula 4.7 Quadre amb les dades de l'anàlisi estadístic per a les parcel·les protegides amb plàstic on la variable dependent és el percentatge de plantes vives en tant per u.

Font	Graus llibertat	Suma quadrats	Quadrat de la mitja	F	Pr > F
Model	1	0,0899	0,0899	10,73	0,0169
Error	6	0,0503	0,0084		
Total	7	0,1403			

Després d'analitzar els possibles factors que van poder influir en la diferent supervivència de les plantes en ambdós casos, on tot i tenir unes condicions de hivernals més rigoroses amb temperatures mínimes absolutes inferiors, la parcel·la A va mostrar una major supervivència, es podria considerar la hipòtesi de que la diferència en fondària de plantació, concretament en la situació de la corona de la planta pel que fa al nivell del sòl, podria haver influït en el resultat de l'experiència. A banda d'aquest factor, no s'ha pogut trobar cap altre tret diferencial que pugui explicar la significació dels resultats obtinguts.



Imatge 4.13 Plantes d'estèvia amb el coll lleugerament per sobre del nivell del sòl, en una de les parcel·les de l'assaig amb repetició. Imatge presa el 14.10.08.

La plantació de les parcel·les de l'assaig amb repetició es va fer manualment, mentre que la parcel·la A es va plantar amb màquina plantadora. Si s'observa (Imatge 4.13) la situació de la corona de la planta respecte al nivell del sòl circumdant de la taula es

veu que la corona està pràcticament a nivell del sòl en les plantes plantades manualment. Per contra, la plantació amb màquina (Imatge 4.14.) situa les plantes més enfonsades dins la taula, amb la corona uns 2 – 3 cm per davall del nivell del plàstic protector que cobreix la superfície del sòl.



Imatge 4.14 Plantes d'estèvia amb el coll de la planta per sota del nivell del sòl i del plàstic, a la parcel·la A en camp obert. Imatge presa el 23.10.09.

Aquest és un factor que molt probablement va influenciar directament la supervivència de les plantes davant les gelades de l'hivern. La situació de la corona de la planta per sota de la protecció del plàstic i també enfonsada respecte al nivell del sòl circumdant ofereix en principi una protecció addicional que pot explicar els resultats obtinguts.

En conseqüència, cal considerar aquesta hipòtesi en futures experiències amb plantes d'estèvia i en aquest sentit convindria assajar diverses fondàries de plantació a fi de comprovar si realment hi ha una relació directa entre la situació de la corona de la planta en relació amb el nivell del sòl i la supervivència de les plantes.

Igualment, seria desitjable iniciar un programa de millora varietal mitjançant la selecció dels individus que han sobreviscut les gelades a fi d'aconseguir una població més resistent a les temperatures baixes.

4.2. Arrelament i qualitat dels esqueixos

Els resultats de l'assaig d'arrelament d'esqueixos inclouen en primer lloc les observacions recollides en el seguiment que es va fer durant les setmanes en què els esqueixos van estar en les condicions de cada tractament dins l'hivernacle. Finalment, els resultats més quantificables es van obtenir en el recompte dels esqueixos que van arrelar així com en la mesura de l'alçada assolida com a dada més representativa del seu desenvolupament.

4.2.1. Observacions realitzades durant els assajos

Pel que fa a les observacions realitzades, a continuació es resumeixen, de forma setmanal, les observacions més significatives en les experiències d'arrelament d'esqueixos.

2 de maig

S'observen símptomes de marciment en bona part dels esqueixos. L'experiència en arrelament d'estèvia a Pàmies Hortícoles ja ha constatat en altres anys que això és quelcom normal en les primeres fases de l'arrelament (Imatges 4.15 i 4.16).



Imatge 4.15 Safata d'alvèols amb símptomes de marciment en data de 2.05.09, una setmana després de plantar els esqueixos. El tractament amb ANA correspon a la meitat de l'esquerra.



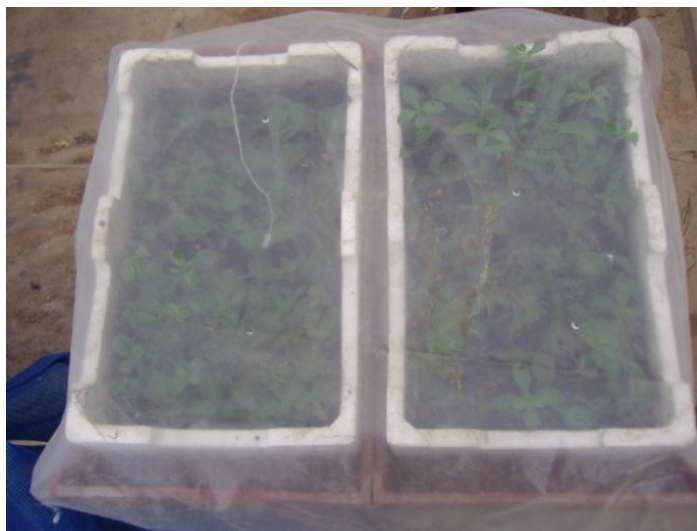
Imatge 4.16 Caixes regades per aspersió, el dia 2.05.09, una setmana després de plantar els esqueixos, on s'hi veuen també alguns símptomes de marciment.

9 de maig

En aquesta data, dues setmanes després de fer el esqueixos, en general s'observa que es van recuperant i alguns ja presenten signes evidents de creixement vegetatiu (Imatge 4.17). Es va observar també que en el cas del tractament amb cambra humida, els esqueixos presentaven un creixement superior als de la safata d'alvèols i ja arribaven a tocar el plàstic que cobria les caixes, especialment aquells que no tenien tractament amb arrelant (Imatge 4.18).



Imatge 4.17 Nous brots a partir dels nusos axil·lars en els esqueixos de la safata d'alvèols, el dia 9.05.09, dos setmanes després de plantar els esqueixos.



Imatge 4.18 Dues setmanes després de la plantació, el 9.05.09, els esqueixos sense arrelant de la cambra humida (caixa dreta) ja arribaven al plàstic protector.

Per altra banda, en les caixes regades per aspersió també s'apreciava un cert índex de necrosi o marciment especialment en els esqueixos que havien rebut hormona arrelant. Pel que fa a la safata d'alvèols, es va observar que els esqueixos que havien rebut arrelant presentaven més incidència de necrosi o marciment (Imatges 4.19 i 4.20).



Imatge 4.19 Detall d'esqueixos amb símptomes de necrosi en els esqueixos tractats amb arrelant.



Imatge 4.20 Vista de la safata d'alvèols on s'hi pot observar que la meitat dreta, que no ha rebut arrelant, presenta un creixement més vigorós.

15 de maig

Tres setmanes després de la plantació, en les caixes en cambra humida els esqueixos que no havien estat tractats amb hormona arrelant ANA presentaven una major alçada que els esqueixos tractats, amb alguns esqueixos de 12 cm de llargada (Imatge 4.21). En aquesta data, el 15.05.09, es va treure de forma definitiva el plàstic protector de les caixes en cambra humida en veure que els esqueixos ja estaven arrelats i presentaven un bon creixement. La torba encara conservava una mica d'humitat però començava a ser insuficient per les necessitats hídriques dels esqueixos d'aquestes caixes. En les caixes regades per aspersió i en la safata d'alvèols també es podia observar que els esqueixos tractats amb arrelant presentaven un desenvolupament pitjor que els que no l'havien rebut (Imatge 4.22).



Imatge 4.21 Vista de les caixes de cambra humida un cop retirat el plàstic protector. S'observa que els esqueixos sense arrelant (fletxes grogues) presenten una major alçada que els esqueixos tractats amb arrelant (fletxes vermelles).



Imatge 4.22 Vista de la safata d'alvèols on es veu que els esqueixos amb arrelant (meitat esquerra) presenten un retard en el creixement.

16 / 22 de maig

En aquestes dates (el dia 16 per la safata d'alvèols i el 22 per les caixes) es va procedir a trasplantar els esqueixos en testos de 10 cm de diàmetre i 8 cm d'alçada, per tal de veure el seu desenvolupament posterior. Es va fer un recompte d'esqueixos viables en cada una de les repeticions, i es va valorar el creixement radicular que presentaven. Es va constatar que els esqueixos que havien rebut arrelant presentaven un major nombre d'arrels i un major volum radicular però un creixement vegetatiu aeri menor que els esqueixos que no havien rebut arrelant, els quals contràriament presentaven un menor desenvolupament radicular (Imatges 4.23, 4.24 i 4.25).



Imatge 4.23 Esqueix procedent de la cambra humida, tractat amb producte arrelant. S'observa que el volum d'arrels és considerable tenint en compte el poc creixement aeri de l'esqueix.



Imatge 4.24 Esqueix procedent de la cambra humida, tractat amb producte arrelant. S'observa que algunes arrels arriben fins a 14 cm de llargària.



Imatge 4.25 Esqueix procedent de la mateixa caixa que els dos anteriors amb cambra humida, però que no ha estat tractat amb producte arrelant. El creixement vegetatiu és notable però el nombre d'arrels i la seva dimensió són reduïts.

Per d'altra banda, es va constatar que alguns esqueixos havien començat a brotar però sense haver emès cap arrel encara, fet que es va observar sempre en esqueixos que no havien rebut hormona arrelant (Imatge 4.26).



Imatge 4.26 Esqueix amb nous brots visibles però amb desenvolupament radicular nul o no apreciable, procedent del tractament sense producte arrelant.

El trasplantament es va realitzar només en el cas dels esqueixos que eren viables i presentaven un creixement evident, descartant així els esqueixos que visiblement no tenien part aèria verda. La safata d'alvèols va donar un total de 70 esqueixos viables, 30 procedents dels que havien estat tractats amb arrelant i 40 dels que no l'havien rebut (Imatges 4.27 i 4.28).



Imatge 4.27 Esqueixos procedents de la safata d'alvèols en el moment de fer el recompte.



Imatge 4.28 Vista dels 70 testos amb els esqueixos trasplantats des de la safata d'alvèols.

Els esqueixos procedents de les caixes, on hi havia els dos tractaments (amb arrelant i sense) amb dues repeticions i pels dos règims hídrics (aspersió i cambra humida) van

presentar també uns trets en la línia dels esqueixos de la caixa d'alvèols. Bàsicament, el nombre d'esqueixos viables va ser major en absència d'arrelant. Es van trasplantar els esqueixos viables procedents de les caixes a contenidors de 10 cm de diàmetre per tal de fer un seguiment i comprovar-ne la supervivència i desenvolupament, en total es van trasplantar 116 esqueixos procedents de les caixes en cambra humida i 105 de les caixes sota aspersió (Imatge 4.29).

Totes les safates amb els contenidors es van situar en la zona de l'hivernacle que es rega per la barra suspesa d'aspersió per tal que es reguessin de forma automàtica com la resta del planter d'hortalissa. Es va comprovar que el drenatge dels contenidors fos correcte a fi d'evitar possibles problemes d'excés d'humitat que poguessin afectar el resultat de l'assaig (Imatge 4.30).



Imatge 4.29 Vista dels 116 testos amb els esqueixos trasplantats des de les caixes de cambra humida.



Imatge 4.30 Un cop trasplantats, els esqueixos es van regar mitjançant la barra d'aspersió.

22 de juny

Es va fer el recompte de les plantes que havien sobreviscut al trasplantament, per a tots els tractaments. Es va considerar que des del trasplantament ja era un temps prou suficient per a poder valorar el desenvolupament de les plantes.

El creixement de les plantes durant les cinc setmanes posteriors al trasplantament va evidenciar que les esqueixos que en el moment del trasplantament tenien una alçada excessiva, especialment pel que fa als procedents de la cambra humida, donaven lloc a plantes amb tendència a l'ajaguda a mesura que el pes de la part foliar augmentava.

4.2.2. Anàlisi dels resultats d'arrelament i viabilitat d'esqueixos

Tant en la safata d'alvèols com en les caixes, en el recompte final de plantes viables es van tenir en compte les plantes vives d'alçada ≥ 5 cm, fet que suposava que l'esqueix havia crescut suficientment per convertir-se en una planta comercialment viable.

4.2.2.1. Safata d'alvèols

A la taula 4.8 es resumeixen les operacions realitzades i els resultats obtinguts en la safata d'alvèols.

Taula 4.8 Dades corresponents a l'assaig d'arrelament d'esqueixos en la safata

Operació i data de realització	Plantació 25.04.09	Trasplan- tament 16.05.09	Recompte final 22.06.09			
Variables Tractament	Nombre esqueixos	Nombre esqueixos (1)	Nombre plantes		Alçada plantes (3)	
			Viabls (2)	Mortes o inviabls	μ (cm)	σ_{n-1}
A (arrelant AIB + ANA)	42	30	14	16	22,1	5,86
B (sense arrelant)	42	40	37	3	30,5	5,73

(1) = Es van trasplantar només els esqueixos vius que havien arrelat.

(2) = Nombre final de plantes vives ≥ 5 cm

(3) = Només de les plantes viables. N = 10

μ = Mitjana en cm

σ_{n-1} = Desviació

Els resultats obtinguts mostren un major nombre d'esqueixos vius que van poder ser trasplantats i també un major percentatge de plantes viables en el tractament sense aplicació d'hormona arrelant. A la taula 4.9 s'expressen els resultats obtinguts en forma de percentatges d'arrelament i de viabilitat final de plantes.

Un fet remarcable és que l'aplicació d'hormona arrelant (tractament A) hagi suposat un menor percentatge d'arrelament inicial així com un menor percentatge de plantes viables després del trasplantament dels esqueixos vius.

Taula 4.9 Percentatges d'arrelament i de viabilitat d'esqueixos a l'assaig en safata d'alvèols

Tractament	Nombre esqueixos inicials	Nombre esqueixos trasplantats	% esqueixos trasplantats/ inicials	Nombre final plantes viables	% Plantes viables / esqueixos trasplantats	% Plantes viables / esqueixos inicials
A (arrelant AIB + ANA)	42	30	71,4 %	14	46,7 %	33,3 %
B (sense arrelant)	42	40	95,2 %	37	92,5 %	88,1 %

Veiem com el tractament B, consistent en la plantació d'esqueixos sense aplicació d'hormona arrelant ha suposat un 95,2 % d'esqueixos arrelats que han pogut trasplantar-se posteriorment. D'aquests, el 92,5 % ha esdevingut una planta viable. Si tenim en compte el procés complet, veiem que el 88,1 % dels esqueixos plantats sense arrelant ha esdevingut una planta viable als dos mesos aproximadament des del trasplantament, amb una alçada mitja de 30,5 cm.

El tractament A mostra uns resultats inferiors pel que fa a arrelament dels esqueixos ja que només un 71,4 % d'aquests van arrelar. Dels esqueixos arrelats i trasplantats, només un 46,7 % va esdevenir una planta viable. Globalment, un 33,3 % dels esqueixos inicialment plantats va acabar donant plantes crescudes, l'alçada mitja de les quals va ser de 22 cm. Tots els percentatges van ser inferiors en aquest tractament, així com l'alçada de les plantes finals.

Una de les possibles explicacions a aquests resultats podria ser l'existència de toxicitat de l'hormona arrelant en el cas de la planta d'estèvia, ja sigui per la poca idoneïtat del producte per aquesta espècie o per un excés d'hormona aplicat.

El percentatge global d'esqueixos arrelats sense tenir en compte el tractament aplicat, que varia des del 71,4 % al 95,2 %, es troba dins un rang similar al que han publicat altres autors com Inble (2008). Aquest autor va obtenir valors del 78,22 % al 89,84 %

en tractaments combinats d'AIB i ANA, mentre que el control va mostrar un 78 % d'esqueixos arrelats.

Per tal de veure si hi ha diferències significatives entre els dos tractaments pel que fa a les alçades es realitza un t-test (en aquest cas es fa un t-test de Welch ja que es disposa de dos mostres) amb les dades del mostreig que es troben a la taula 4.10.

Taula 4.10 Dades corresponents al mostreig d'alçades de plantes viables

Tractament	Alçària de les plantes en cm									
Amb arrelant	20	24	23	21	28	22	11	15	27	30
Sense arrelant	27	39	32	20	37	33	26	30	34	27

El t-test ens confirma que les diferències entre els dos tractaments pel que fa a l'alçada de les plantes són significatives (Taula 4.11). Es rebutja doncs la hipòtesi nul·la ja que el valor de p és menor que el nivell de significació per a $\alpha = 0,5$. Aquest resultat confirma que en les nostres condicions de l'assaig, la utilització d'arrelant comporta una alçada menor dels esqueixos.

Taula 4.11 Separació de mitjanes corresponent a les alçades de plantes viables

Tractament	Mitjana	Valor de p
Amb arrelant	22,1 a	0,004295
Sense arrelant	30,5 b	

4.2.2.2. Caixes d'arrelament

Els esqueixos arrelats es van trasplantar el 22.05.09 i es va fer el recompte final de plantes viables el 22.06.09 en què es va mesurar l'alçada de deu plantes i es va calcular la seva mitjana. Tal com succeeix en el cas dels esqueixos en la safata d'alvèols, en les caixes d'arrelament (cambra humida i reg per aspersió) els esqueixos tractats amb fito-hormones van mostrar en general un menor percentatge d'arrelament que el control. Els resultats mostren un major nombre d'esqueixos vius que van poder ser trasplantats i també un major percentatge de plantes viables en el tractament sense aplicació d'hormona arrelant.

A la taula 4.12 es resumeixen els resultats obtinguts pel que fa als esqueixos arrelats, plantes viables i alçada final d'aquestes.

Taula 4.12 Quadre de mitjanes i desviacions corresponents a les caixes d'esqueixos

Règim hídric	Arrelant	N	Variable	Màxim	Mitjana	Mínim	Desviació estàndard
Cambra humida	Sí	2	esq. arrelats	29,0	27,0	25,0	2,828
			esq. viables	27,0	25,5	24,0	2,121
			alçada (cm)	29,8	28,9	28,0	1,272
	No	2	esq. arrelats	31,0	31,0	31,0	0
			esq. viables	30,0	29,0	28,0	1,414
			alçada (cm)	30,40	30,25	30,10	0,212
Reg aspersió	Sí	2	esq. arrelats	30,0	23,5	17,0	9,192
			esq. viables	29,0	19,5	10,0	13,435
			alçada (cm)	21,90	21,10	20,30	1,131
	No	2	esq. arrelats	32,0	30,0	28,0	2,828
			esq. viables	32,0	27,0	22,0	7,071
			alçada (cm)	19,30	18,85	18,40	0,636

Tot i els resultats aparentment millors pel que fa a l'arrelament en cambra humida sense arrelament, l'anàlisi estadístic mostra que la diferència en el nombre d'esqueixos arrelats no es pot explicar significativament ($P > 0,05$) en funció del model (Taula 4.13).

Tampoc hi ha diferència significativa en funció del model pel que fa a la viabilitat de les plantes resultants dels esqueixos (Taula 4.14).

Taula 4.13 Quadre amb les dades de l'anàlisi estadístic corresponent a l'assaig d'arrelament on la variable depenent és el nombre d'esqueixos arrelats.

Font	Graus llibertat	Suma de quadrats	Quadrat de la mitjana	F	Pr > F
Model	3	68,3750	22,7917	0,91	0,5124
Error	4	100,5000	25,1250		
Total	7	168,8750			

Taula 4.14 Quadre amb les dades de l'anàlisi estadístic corresponent a l'assaig d'arrelament on la variable depenent és el nombre de plantes viables.

Font	Graus de llibertat	Suma de quadrats	Quadrat de la mitjana	F	Pr > F
Model	3	100,5000	33,5000	0,57	0,6663
Error	4	237,0000	59,2500		
Total	7	337,5000			

En canvi, l'anàlisi estadístic mostra que l'alçada de les plantes viables resultants dels esqueixos sí que difereix significativament en funció del tractament (Taula 4.15).

Taula 4.15 Quadre amb les dades de l'anàlisi estadístic corresponent a l'assaig d'arrelament on la variable depenent és l'alçada de les plantes viables.

Font	Graus de llibertat	Suma de quadrats	Quadrat de la mitjana	F	Pr > F
Model	3	191,2050	63,7350	76,10	0,0006
Error	4	3,3500	0,8375		
Total	7	194,5550			

Si considerem els tractaments aplicats i la seva combinació es pot constatar que el factor aigua (cambra humida o aspersió) és el que afecta més significativament ($P = 0,0001$) la diferència en alçades, mentre que l'acció combinada aigua + arrelant es troba en el límit de la significació ($P = 0,0497$). En canvi, el factor arrelant no és significatiu en l'alçada de les plantes viables. A la taula 4.16 es mostren els valors estadístics i de significació segons el model de l'assaig.

Taula 4.16 Quadre amb les dades de l'anàlisi estadístic corresponent a l'assaig d'arrelament amb la significació del model pel que fa a l'alçada de les plantes.

Font	Graus de llibertat	Suma de quadrats	Quadrat de la mitjana	F	Pr > F
Aigua	1	184,3200	184,3200	220,08	0,0001
Arrelant	1	0,4050	0,4050	0,48	0,5251
Aigua + arrelant	1	6,4800	6,4800	7,74	0,0497

La taula 4.17 mostra la separació de mitjanes corresponents a les alçades de les plantes i la seva significació.

Taula 4.17 Separació de mitjanes corresponent a les alçades de plantes viables en les caixes d'arrelament

Tractament		Mitjana
Cambra humida	Amb arrelant	28,90 a
	Sense arrelant	30,25 a
Reg aspersió	Amb arrelant	21,10 b
	Sense arrelant	18,85 b

Si quantifiquem els resultats en forma de percentatges d'arrelament i de viabilitat, en els assajos amb caixes es constata que els valors són molt més semblants entre els dos tractaments dins el mateix assaig que no pas en el cas de la safata d'alvèols. A fi de mostrar els valors percentuals s'han elaborat les taules 4.18 i 4.19 utilitzant els valors mitjans obtinguts en cada tractament.

Taula 4.18 Valors d'arrelament i de viabilitat d'esqueixos en cambra humida

Tractament	Nombre esqueixos inicials	Nombre esqueixos trasplantats	% esqueixos trasplantats / inicials	Nombre final plantes viables	% Plantes viables / esqueixos trasplantats	% Plantes viables / esqueixos inicials
A (arrelant AIB + ANA)	35	27	77,1 %	25,5	94,4 %	72,9 %
B (sense arrelant)	35	31	88,6 %	29	93,5 %	82,8 %

Pel que fa a l'arrelament, els valors obtinguts en cambra humida no difereixen dels obtinguts en safata d'alvèols. El tractament amb arrelant assoleix el 77,1 % d'èxit davant el 71,4 % obtingut en safata, mentre que sense arrelant s'assoleixen 88,6 %, per sota del 95,2 % assolit en safata. Els resultats mostren molta similitud pel que fa a la viabilitat dels esqueixos trasplantats en el cas del tractament sense arrelant (93,5 % i 92,5 %) mentre que hi ha una gran diferència en el cas del tractament amb arrelant

degut al valor anormalment baix de la safata d'alvèols, possiblement a causa d'algun problema de podridura o bé de toxicitat del producte.

Taula 4.19 Valors d'arrelament i de viabilitat d'esqueixos en caixes regades per aspersió

Tractament	Nombre esqueixos inicials	Nombre esqueixos trasplantats	% esqueixos trasplantats/ inicials	Nombre final plantes viables	% Plantes viables / esqueixos trasplantats	% Plantes viables / esqueixos inicials
A (arrelant AIB + ANA)	35	23,5	67,1 %	19,5	83,0 %	55,7 %
B (sense arrelant)	35	30	85,7 %	27	90,0 %	77,1 %

Els valors obtinguts en les caixes regades per aspersió pel que fa a l'arrelament també són relativament similars als obtinguts en safata d'alvèols. El tractament amb arrelant obté el 67,1 % davant el 71,4 % de la safata, mentre que sense arrelant s'assoleix el 85,7 % davant el 95,2 % obtingut en la safata. Els resultats mostren també certa semblança pel que fa a la viabilitat dels esqueixos trasplantats en el cas del tractament sense arrelant (90,0 % i 92,5 %) mentre que hi ha una gran diferència en el cas del tractament amb arrelant pels possibles problemes esmentats en el paràgraf anterior.

No obstant, aquestes comparacions només són orientatives per tal de saber en quins valors es situen els percentatges globals d'arrelament i viabilitat emprant els sistemes exposats en aquest treball. No s'ha trobat diferència significativa entre cap dels tractaments combinats pel que fa a les variables d'arrelament i viabilitat. En canvi, sí que hi ha significació estadística pel que fa a l'alçada de les plantes finals, que és major en els tractaments que s'efectuen en règim de cambra humida, especialment pel que fa al tractament que no incorpora fito-hormona arrelant a l'esqueix.

4.3. Determinacions del cultiu sota hivernacle

4.3.1. Radiació PAR i alçada del cultiu

Durant un període de 4 mesos, des del 23.06.09 fins el 23.10.09, es van realitzar lectures amb el ceptòmetre cada setmana en les tres parcel·les A, B i C dins l'hivernacle. Els valors obtinguts es resumeixen en les taules 4.20, 4.21 i 4.22, les quals contenen els valors determinats pel que fa a radiació PAR i alçada de les plantes, per a cadascuna de les parcel·les experimentals.

La radiació s'ha mesurat en cada una de les dates per sobre i per sota del cultiu, la qual cosa ens permet determinar per diferència la quantitat de radiació interceptada i el percentatge que aquesta suposa sobre la radiació PAR que incideix sobre el cultiu.

Per a cada parcel·la, s'han relacionat entre ells els valors de les taules per mitjà de gràfiques. La primera gràfica (gràfiques 4.1, 4.4 i 4.7) mostra, en el cas de totes les parcel·les, la relació inversa entre la radiació que arriba al sòl (radiació dins el cultiu) i l'alçada mitja de les plantes.

De forma general per a qualsevol cultiu, la quantitat de radiació que arriba al sòl per sota el fullatge o *canopy* es inversament proporcional a la superfície foliar que presenta el cultiu. La superfície foliar per a la majoria de les plantes cultivades i també en el cas de l'estèvia es pot considerar directament proporcional a l'alçada de les plantes, ja que a major alçada trobarem major nombre de fulles desenvolupades i per tant major superfície foliar que interceptarà radiació.

Un segon grup de gràfiques (gràfiques 4.2, 4.5 i 4.8), ens relaciona per a cada parcel·la i de forma directa la radiació interceptada amb l'alçada del cultiu, mentre que el tercer grup (gràfiques 4.3, 4.6 i 4.9) mostra la relació entre la radiació interceptada expressada en percentatge i l'alçada de les plantes.

Per a cada parcel·la es comenten les observacions i les incidències que intenten explicar d'una manera més detallada els resultats que s'han obtingut.

4.3.1.1. Parcel·la A

La parcel·la A conté plantes d'estèvia trasplantades el mes de maig de 2009 i això fa que siguin plantes amb un creixement vigorós ja que es troben en el primer any de cultiu. Estan disposades en un marc intensiu que equival a una densitat de 200.000 plantes / ha.

A la taula 4.20 es resumeixen els valors de les lectures referents a la radiació fotosintèticament activa (PAR) i l'alçada de les plantes corresponents a aquesta parcel·la.

Taula 4.20 Valors setmanals de: radiació sobre el cultiu i dins el cultiu, radiació interceptada (valors absoluts i % sobre PAR total) i alçada mitjana de les plantes (parcel·la A).

Número de lectura	1a	2a	3a	4a	5a	6a	7a	8a
Data lectura PAR	23-jun	3-jul	14-jul	22-jul	29-jul	4-ag	12-ag	19-ag
PAR sobre cultiu *	1159	1257	1444	1867	1667	2804	1156	1154
PAR dins cultiu *	124	1073	103	31	919	1181	52	31
PAR interceptada *	1035	184	1341	1836	748	1623	1104	1123
% PAR interceptada	89,3	14,6	92,9	98,3	44,9	57,9	95,5	97,3
Alçada mitjana (cm)	45	11	34	51	12	18	33	50

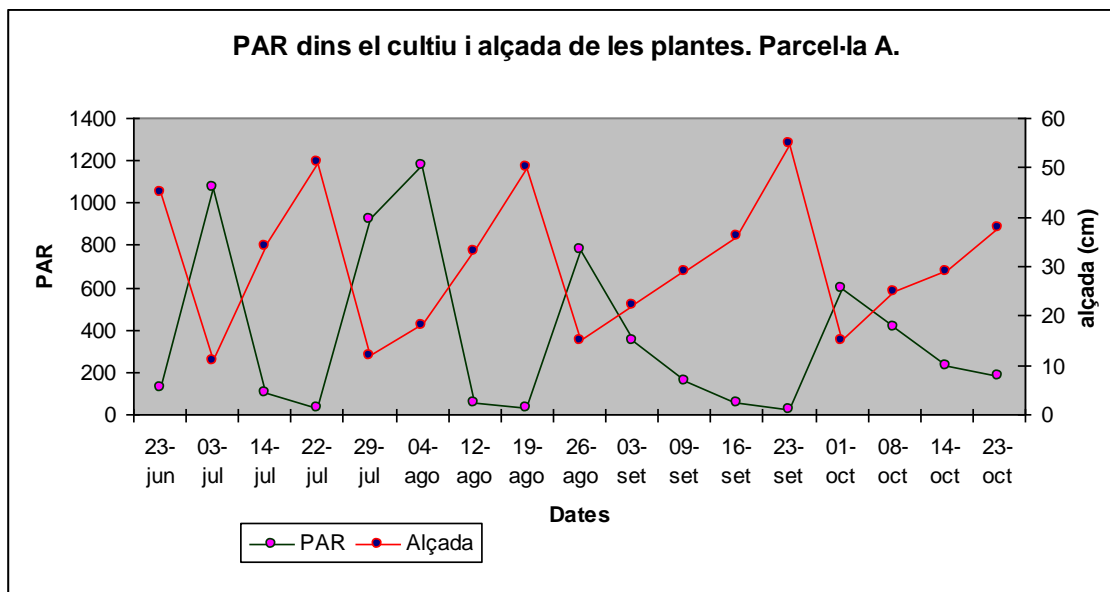
Número lectura	9a	10a	11a	12a	13a	14a	15a	16a	17a
Data lect. PAR	26-ag	3-set	9-set	16-set	23-set	01-oct	8-oct	14-oct	23-oct
PAR sob. cult. *	1383	1088	1059	1190	1423	1654	1897	1682	1639
PAR dins cult. *	778	350	163	58	21	597	414	229	184
PAR intercept. *	605	738	896	1132	1402	1057	1483	1453	1455
% PAR intercep.	43,7	67,8	84,6	95,1	98,5	63,9	78,2	86,4	88,8
Alçada (cm)	15	22	29	36	55	15	25	29	38

(*) valors de PAR expressats en $\mu\text{mol} / \text{m}^2 / \text{s}$

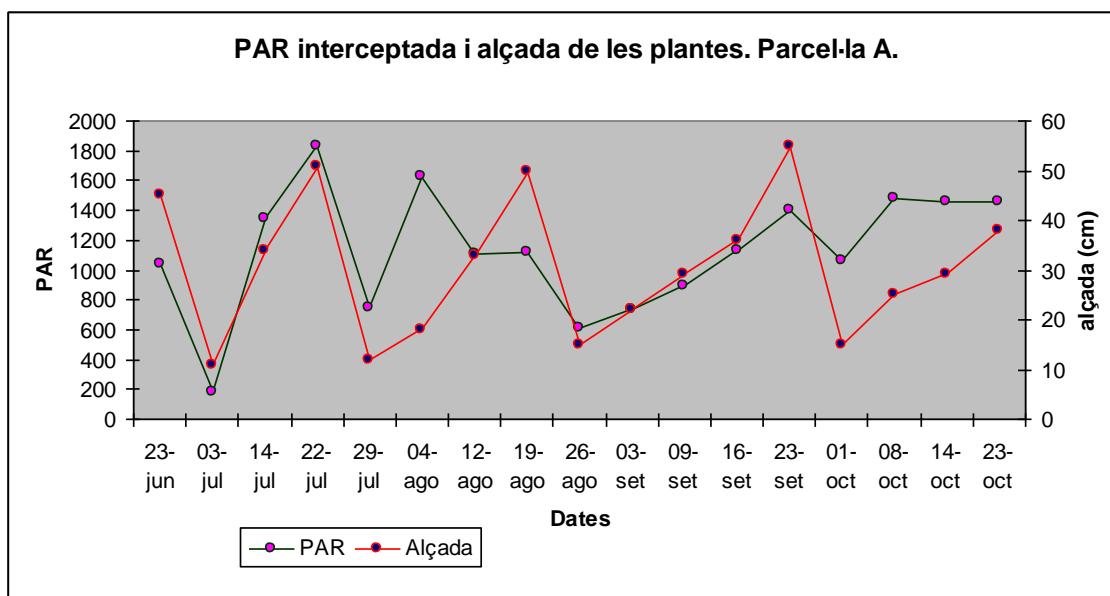
Les lectures de radiació PAR (lectura sobre cultiu, lectura dins cultiu i radiació interceptada) s'expressen en μmol de fotons per metre quadrat i segon ($\mu\text{mol} / \text{m}^2 / \text{s}$). La radiació interceptada correspon a la diferència entre la lectura sobre el cultiu i la lectura dins el cultiu. El percentatge (%) de PAR interceptada expressa el percentatge de radiació interceptada respecte al valor de radiació corresponent a la lectura sobre el cultiu.

Les gràfiques 4.1, 4.2 i 4.3 estableixen la relació entre el valors de radiació PAR (dins el cultiu i interceptada) i l'alçada del cultiu per a cada setmana entre el 23 de juny i el 23 d'octubre de 2009. Es pot observar que els mínims d'alçada del cultiu, que corresponen als dies posteriors a les segues, coincideixen amb les majors lectures de radiació a nivell del sòl. Per contra, les alçades màximes abans de la sega corresponen a les mínimes lectures de radiació que arriba a la base de les plantes. La variació en la tendència de les corbes és inversa entre elles. Aquesta tendència es veu de forma clara en la gràfica 4.1. Hi ha però una excepció en la lectura del dia 4 d'agost en què es pot observar un valor de la PAR que no correspon a la tendència que segueixen els valors en tota la gràfica. L'explicació es deu a l'alteració de la protecció de la coberta de l'hivernacle a causa d'un xàfec d'estiu que va tenir lloc el dia 1 d'agost. Així, la lectura del dia 4 d'agost es va fer amb el plàstic de coberta totalment net, que va permetre el pas d'una radiació PAR anormalment alta: $2804 \mu\text{mol} / \text{m}^2 / \text{s}$ llegits damunt el cultiu en comparació amb els $1667 \mu\text{mol} / \text{m}^2 / \text{s}$ llegits una setmana abans a la mateixa hora i amb un cel ras, condició que es dona en totes les lectures efectuades. El valor anormalment alt de la PAR damunt el cultiu va resultar lògicament

en un valor de la PAR a nivell de sòl també anormalment alt. La resta de la gràfica 4.1 segueix el patró de proporcionalitat inversa entre ambdues variables.



Gràfica 4.1 Relació entre els valors setmanals de radiació dins el cultiu i l'alçada mitjana de les plantes (parcel·la A)



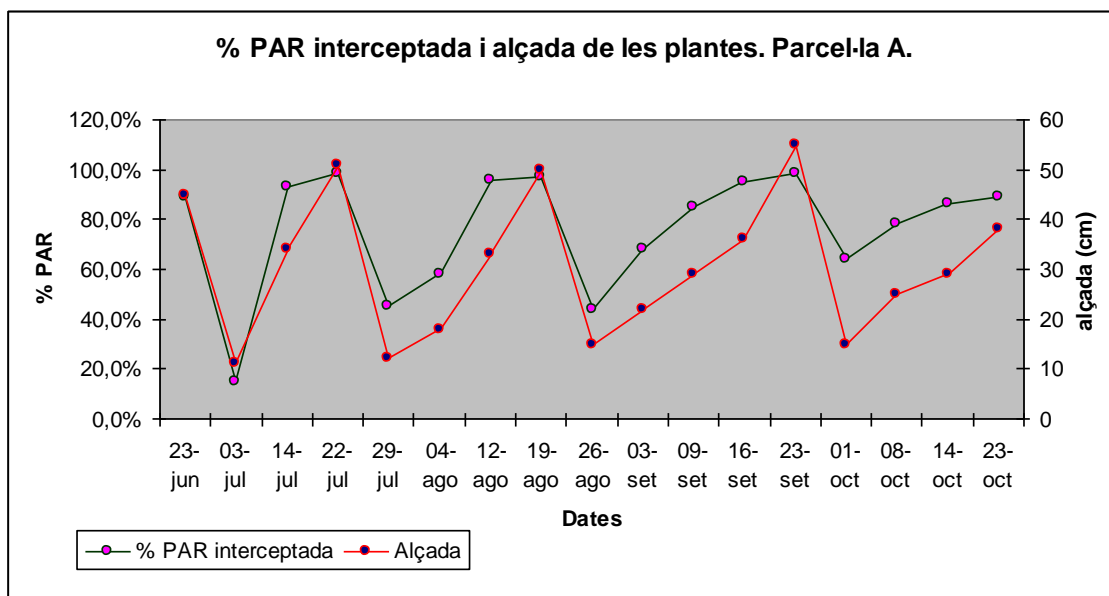
Gràfica 4.2 Relació entre els valors setmanals de la radiació interceptada i l'alçada mitjana de les plantes (parcel·la A)

Si tenim en compte els valors de radiació interceptada pel cultiu, la relació és més clara encara entre l'alçada del cultiu i la PAR interceptada. A la gràfica 4.2 s'observa que els valors de radiació interceptada evolucionen paral·lelament als valors d'alçada del cultiu. No obstant, trobem igualment una excepció en les lectures del període

comprès entre els dies 4 i 19 d'agost en què es pot observar a la gràfica una evolució anormal pel que fa a la radiació interceptada. Tal com s'ha comentat anteriorment, la neteja imprevista de la protecció de la coberta de l'hivernacle a causa d'un xàfec d'estiu que va tenir lloc el dia 1 d'agost va permetre un pas d'un nivell de radiació molt elevat que va alterar els valors esperats de la PAR. El valor anormalment alt de la PAR damunt el cultiu va resultar lògicament en un valor de la PAR interceptada també anormalment alt.

Pocs dies després es va tornar a emblanquinar la coberta de l'hivernacle i les lectures de la PAR del dia 12 d'agost van mostrar valors dins els intervals esperats. A partir de la tercera setmana d'agost l'evolució de la proporcionalitat entre radiació interceptada pel cultiu i l'alçada d'aquest es normalitza i segueix el patró observat durant les setmanes anteriors al 4 d'agost.

Es pot observar a les darreres setmanes del cicle del cultiu, entre els dies 8 i 23 d'octubre, que una major alçada del cultiu no suposa un increment en el valor absolut de radiació PAR interceptada. Aquest fet podria ser degut a algun dels següent factors: per una banda, el sol en aquestes dates començava a incidir per un lateral de l'hivernacle amb la qual cosa tenim valors de la PAR sobre el cultiu superiors als que eren d'esperar ja que els laterals no estan emblanquinats. Per l'altra, la inclinació dels rajos solars podria modificar l'efecte de l'alçada del cultiu a l'hora d'interceptar radiació i tot i que en el percentatge de la PAR interceptada (gràfica 4.3) sí que hi ha una correspondència proporcional amb l'alçada, els valors absoluts de radiació PAR interceptada no varien significativament en aquest període.



Gràfica 4.3 Relació entre els valors setmanals de percentatge de radiació interceptada i l'alçada mitjana de les plantes (parcel·la A)

La gràfica 4.3 posa de relleu que els valors percentuals de PAR interceptada sobre el total d'aquesta radiació que arriba al cultiu es relaciona de forma molt sensible amb el valor d'alçada del cultiu. El fet de tenir en compte el percentatge de radiació que

intercepta el cultiu i no els valors absoluts minimitza les variacions degudes a factors externs com l'estat de la coberta de l'hivernacle. La lectura excepcional a la sèrie de la PAR llegida damunt i dins el cultiu del dia 4 d'agost i que és deguda a un canvi en la coberta de l'hivernacle no afecta gens la tendència d'aquest gràfic de percentatges. Així, es pot observar que el valor percentual de PAR interceptada del 4 d'agost segueix fidelment la tendència general de la resta de lectures, on el valor varia de forma proporcional a l'alçada de les plantes.

Igualment, durant el període final del cicle de cultiu a partir del 8 d'octubre, en el que la inclinació dels rajos solars podia haver modificat l'efecte real del *canopy* a l'hora d'interceptar radiació, en percentatge de PAR interceptada també s'observa una correspondència amb l'alçada.

4.3.1.2. Parcel·la B

La parcel·la B conté estèvies trasplantades el mes de juny de l'any 2000. Es tracta doncs de plantes en el seu desè any de cultiu, la qual cosa fa que siguin plantes amb un creixement poc vigorós i més lent que el que correspon a plantes més joves. Aquestes plantes es van disposar originalment en un marc intensiu que equival a una densitat aproximada de 133.000 plantes / ha. No obstant, amb el decurs dels anys la corona de cada planta s'ha anat eixamplant a la vegada que ha emès nous brots, amb la qual cosa el marc de plantació original dins de cada línia s'ha convertit en una franja gairebé contínua de tiges d'estèvia. A la taula 4.21 es resumeixen els valors de les lectures referents a la radiació fotosintèticament activa (PAR) i l'alçada de les plantes corresponents a aquesta parcel·la.

Taula 4.21 Valors setmanals de: radiació sobre el cultiu i dins el cultiu, radiació interceptada (valors absoluts i % sobre PAR total) i alçada mitjana de les plantes (parcel·la B).

Número de lectura	1a	2a	3a	4a	5a	6a	7a	8a
Data lectura PAR	23-jun	3-jul	14-jul	22-jul	29-jul	4-ag	12-ag	19-ag
PAR sobre cultiu *	1385	1567	1593	1898	1697	2721	1112	1109
PAR dins cultiu *	1238	1126	222	95	70	1367	257	56
PAR interceptada *	147	441	1371	1803	1627	1354	855	1053
% PAR interceptada	10,6	28,1	86,1	95,0	95,9	49,8	76,9	95,0
Alçada mitjana (cm)	12	13	17	27	35	12	17	26

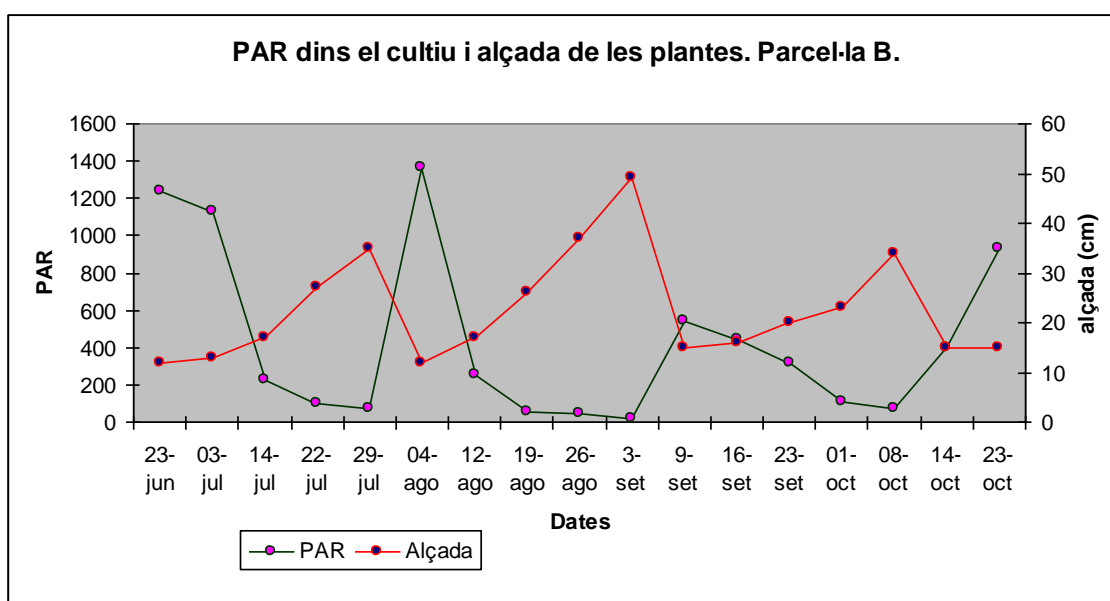
Número lectura	9a	10a	11a	12a	13a	14a	15a	16a	17a
Data lect. PAR	26-ag	3-set	9-set	16-set	23-set	01-oct	8-oct	14-oct	23-oct
PAR sob. cult. *	1352	1030	966	933	948	963	958	809	1325
PAR dins cult. *	44	19	543	442	318	105	70	397	935
PAR intercept. *	1308	1011	423	491	630	858	888	412	390
% PAR intercep.	96,7	98,2	43,8	52,6	66,5	89,1	92,7	50,9	29,4
Alçada (cm)	37	49	15	16	20	23	34	15	15

(*) valors de PAR expressats en $\mu\text{mol} / \text{m}^2 / \text{s}$

Les lectures de radiació PAR (lectura sobre cultiu, lectura dins cultiu i radiació interceptada) s'expressen en μmol de fotons per metre quadrat i segon ($\mu\text{mol} / \text{m}^2 / \text{s}$). La radiació interceptada correspon a la diferència entre la lectura sobre el cultiu i la lectura dins el cultiu. El percentatge (%) de PAR interceptada expressa el percentatge de radiació interceptada respecte al valor de radiació corresponent a la lectura sobre el cultiu.

Les gràfiques 4.4, 4.5 i 4.6 estableixen la relació entre el valors de radiació PAR (dins el cultiu i interceptada) i l'alçada del cultiu per a cada setmana entre el 23 de juny i el 23 d'octubre de 2009.

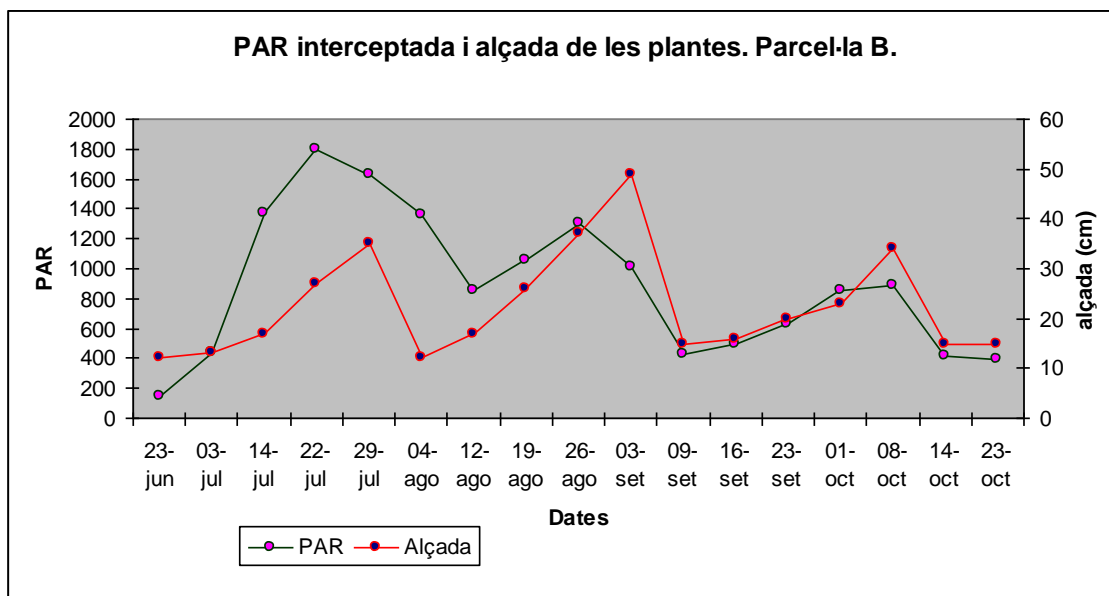
Tal com succeeix per la parcel·la A, es pot observar que els mínims relatius d'alçada del cultiu coincideixen amb els màxims relatius de les lectures de radiació a nivell del sòl i a l'inrevés, veiem que les alçades màximes abans de la sega corresponen a les mínimes lectures de radiació que arriba a la base de les plantes. La variació en la tendència de les corbes és inversa entre elles. En aquest cas, la alteració de la coberta a principis d'agost va coincidir amb l'estadi de cultiu just després de la sega efectuada el 29 de juliol, amb la qual cosa la lectura anormalment alta correspon igualment amb una alçada de cultiu molt baixa.



Gràfica 4.4 Relació entre els valors setmanals de la radiació dins el cultiu i l'alçada mitjana de les plantes (parcel·la B)

Com que aquesta parcel·la correspon a un cultiu d'estèvia que es troba en el seu desè any, s'aprecia visualment un cert esgotament de les plantes. A diferència de la parcel·la A, en aquesta parcel·la no es van efectuar les cinc segues durant el període de lectures sinó només quatre.

La relació existent entre la PAR interceptada i l'alçada de les plantes es pot analitzar per mitjà de la gràfica 4.5, on podem observar una evolució paral·lela entre PAR interceptada i alçada de les plantes. No obstant, hi ha un parell de valors de PAR interceptada, els dels dies 29 de juliol i 3 de setembre, que són menors dels que haurien de correspondre si considerem una variació proporcional entre les dos variables que estem comparant.



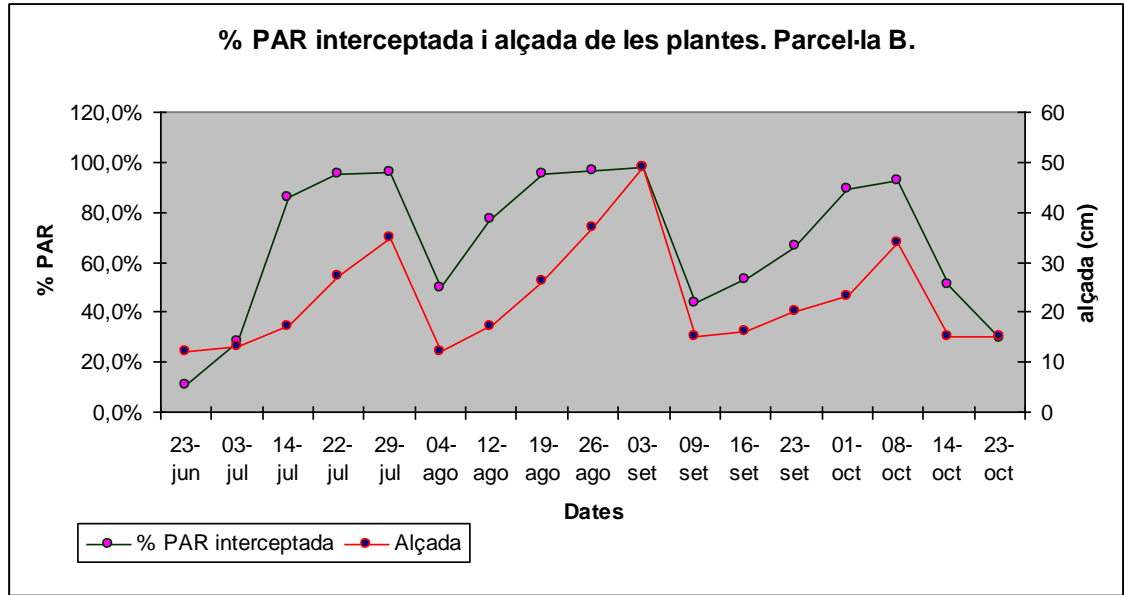
Gràfica 4.5 Relació entre els valors setmanals de la radiació interceptada i l'alçada mitjana de les plantes (parcel·la B)

En aquest sentit, cal dir que la PAR interceptada depèn en gran mesura de la PAR que incideix sobre el cultiu. En el nostre cas, l'existència de la coberta de l'hivernacle modifica els valors absoluts esperats de la PAR sobre el cultiu especialment quan hi ha una acumulació de pols o terra a la coberta que pot ocasionar uns valors de radiació inferiors als que corresponen per a l'hora i la latitud en què s'ha efectuat la mesura.

Aquesta sembla la causa de la lectura del dia 29 de juliol, en què la coberta de l'hivernacle presentava terra adherida degut a una pluja bruta que va tenir lloc pocs dies abans. Aquestes restes de terra i pols s'acumulen a la part inferior de la volta del túnel per l'efecte del moviment de l'aigua cap a les canaleres de desguàs. Aquesta part de la coberta on es va acumular la pols i la terra es troba just a sobre de la parcel·la B amb la qual cosa la lectura de radiació va donar uns valors lleugerament inferiors als esperats.

El dia 3 de setembre es registra també un valor absolut de PAR interceptada menor del que es pot esperar segons l'alçada del cultiu, causat probablement per l'acumulació de pols a la zona de la coberta propera a les canaleres de desguàs.

No obstant, si ens fixem en la corba percentual de PAR interceptada que veurem que no es produeixen les alteracions degudes a una variació anormal en els valors absoluts de PAR incident sobre el cultiu. Tal com es pot comprovar en la gràfica següent, hi ha una correlació més acurada entre PAR interceptada, en valor percentual, i alçada del cultiu.



Gràfica 4.6 Relació entre els valors setmanals de percentatge de radiació interceptada i l'alçada mitjana de les plantes (parcel·la B)

4.3.1.3. Parcel·la C

La parcel·la C conté estèvies trasplantades el mes de juny de 2007 i per tant es tracta de plantes en edat de plena producció al trobar-se en el tercer any de cultiu. Estan disposades en un marc intensiu que equival a una densitat de 133.300 plantes / ha. A la taula 4.22 es resumeixen els valors de les lectures referents a la radiació fotosintèticament activa (PAR) i l'alçada de les plantes corresponents a aquesta parcel·la.

Taula 4.22 Valors setmanals de: radiació sobre el cultiu i dins el cultiu, radiació interceptada (valors absoluts i % sobre PAR total) i alçada mitjana de les plantes (parcel·la C).

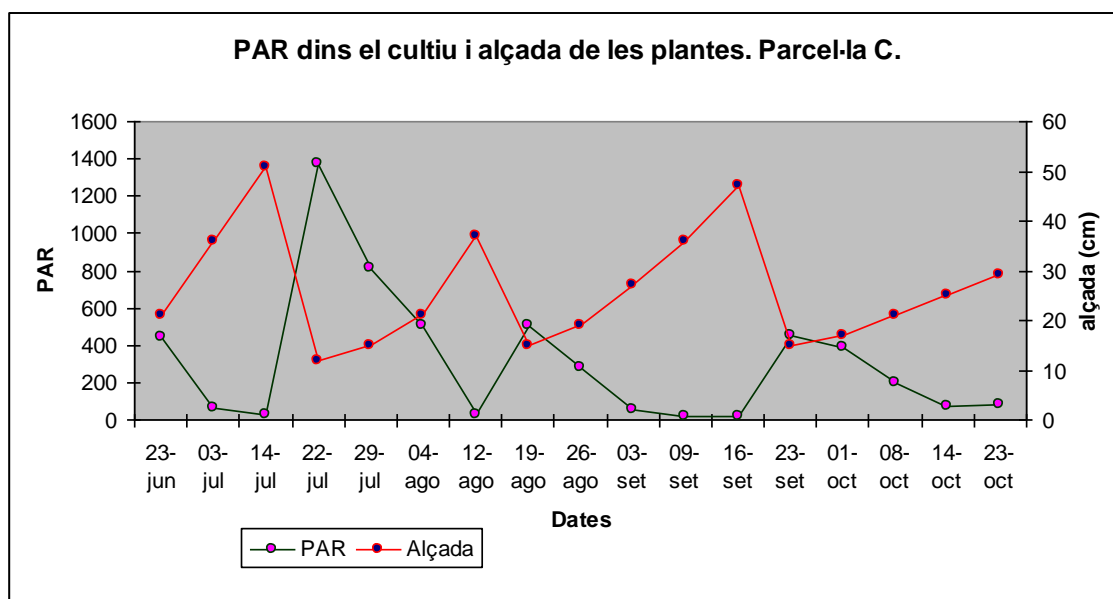
Número de lectura	1a	2a	3a	4a	5a	6a	7a	8a
Data lectura PAR	23-jun	3-jul	14-jul	22-jul	29-jul	4-ag	12-ag	19-ag
PAR sobre cultiu *	1629	1611	1630	1970	1871	2566	1054	1022
PAR dins cultiu *	445	64	30	1370	817	508	25	502
PAR interceptada *	1184	1547	1600	600	1054	2058	1029	520
% PAR interceptada	72,7	96,0	98,2	30,5	56,3	80,2	97,6	50,9
Alçada mitjana (cm)	21	36	51	12	15	21	37	15

Número lectura	9a	10a	11a	12a	13a	14a	15a	16a	17a
Data lect. PAR	26-ag	3-set	9-set	16-set	23-set	01-oct	8-oct	14-oct	23-oct
PAR sob. cult. *	1217	957	926	898	901	885	903	807	884
PAR dins cult. *	278	52	20	18	452	385	200	73	82
PAR intercept. *	939	905	906	880	449	500	703	734	802
% PAR intercep.	77,2	94,6	97,8	98,0	49,8	56,5	77,9	91,0	90,7
Alçada (cm)	19	27	36	47	15	17	21	25	29

(*) valors de PAR expressats en $\mu\text{mol} / \text{m}^2 / \text{s}$

Les lectures de radiació PAR (lectura sobre cultiu, lectura dins cultiu i radiació interceptada) s'expressen en μmol de fotons per metre quadrat i segon ($\mu\text{mol} / \text{m}^2 / \text{s}$). La radiació interceptada correspon a la diferència entre la lectura sobre el cultiu i la lectura dins el cultiu. El percentatge (%) de PAR interceptada expressa el percentatge de radiació interceptada respecte al valor de radiació corresponent a la lectura sobre el cultiu.

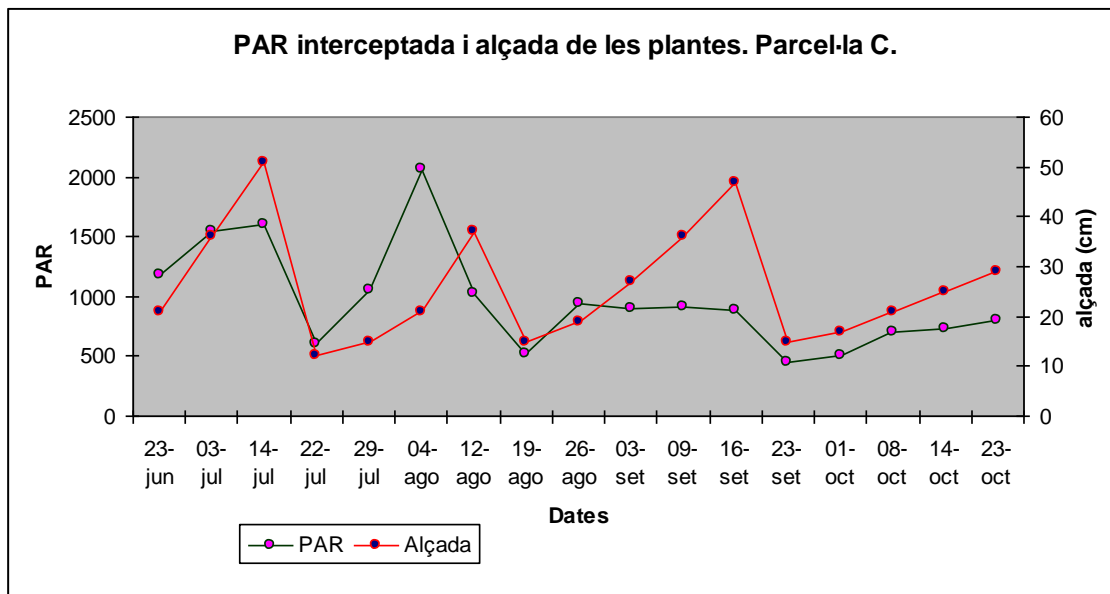
Les gràfiques 4.7, 4.8 i 4.9 estableixen la relació entre el valors de radiació PAR (dins el cultiu i interceptada) i l'alçada del cultiu per a cada setmana entre el 23 de juny i el 23 d'octubre de 2009.



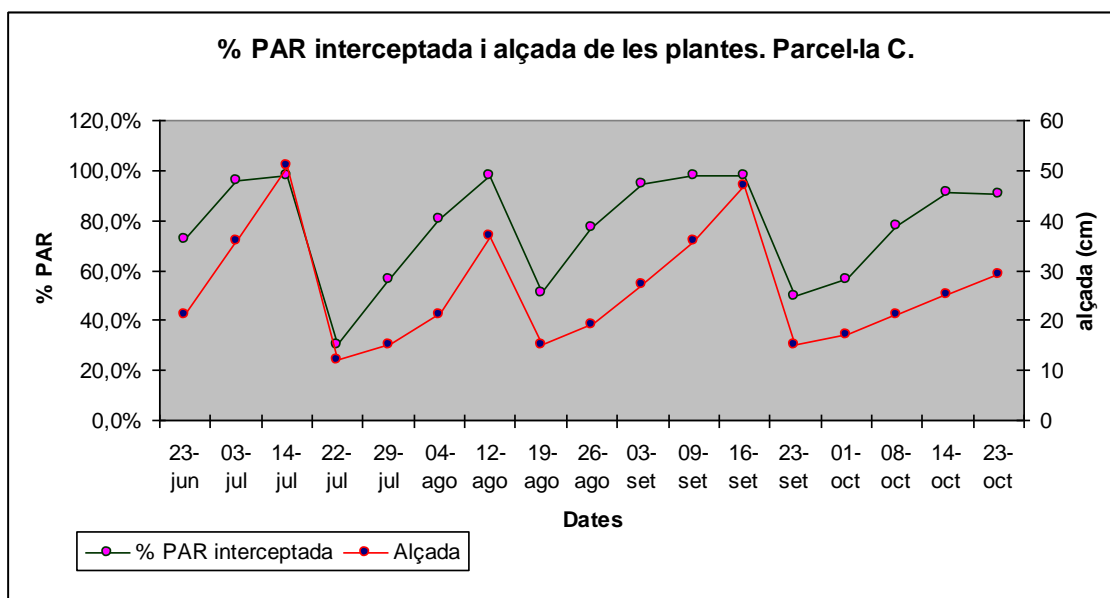
Gràfica 4.7 Relació entre els valors setmanals de la radiació dins el cultiu i l'alçada mitja de les plantes (parcel·la C)

Tal com succeeix per les parcel·les A i B, es pot observar que els mínims relatius d'alçada del cultiu coincideixen amb els màxims relatius de les lectures de radiació a nivell del sòl i a l'inrevés, veiem que les alçades màximes abans de la sega corresponen a les mínimes lectures de radiació que arriba a la base de les plantes. La variació en la tendència de les corbes és inversa entre elles. En aquest cas, la alteració de la coberta a principis d'agost va coincidir amb l'estadi de cultiu de creixement després de la sega efectuada el 14 de juliol, amb la qual cosa la lectura

anormalment alta correspon a una alçada de cultiu mitjana. Això fa que la correspondència entre PAR i alçada del cultiu es compleixi només pel que fa al percentatge de radiació interceptada, però no pel que fa als valors absoluts de radiació en la data esmentada.



Gràfica 4.8 Relació entre els valors setmanals de la radiació interceptada i l'alçada mitjana de les plantes (parcel·la C)



Gràfica 4.9 Relació entre els valors setmanals de percentatge de radiació interceptada i l'alçada mitjana de les plantes (parcel·la C)

4.3.1.4. Anàlisi dels resultats

Els resultats de les mesures amb el ceptòmetre ens indiquen l'aprofitament de la radiació rebuda per un cultiu d'estèvia dins l'hivernacle. A més, ens relacionen la radiació interceptada amb l'alçada del cultiu, fet que es podria utilitzar per valorar l'evolució del creixement del cultiu i determinar el moment òptim de la sega.

En general, no es poden establir comparacions entre les parcel·les degut a la diferència de característiques entre elles pel que fa a l'edat de la plantació i per tant al seu vigor. No obstant hi ha trets comuns que podem analitzar.

Així, es pot observar que petits increments d'alçada del cultiu al principi del creixement després de cada sega es tradueixen en un fort increment del percentatge de PAR interceptada. Aquest fet ens podria indicar que l'estèvia té des del principi de la recuperació després de la sega una disposició de *canopy* que aprofita amb prou eficiència la PAR. Conseqüentment, un cop s'ha assolit una alçada de la planta d'uns 25 – 30 cm, el percentatge de PAR interceptada se situa en valors del 90 % o més i per tant els posteriors increments d'alçada es tradueixen en petits augments d'aquell percentatge. També s'observa que les alçades de cultiu de 45 cm o més corresponen a valors de més del 97 % de PAR interceptada.

A les taules 4.23, 4.24 i 4.25 es relacionen els valors obtinguts d'alçada del cultiu i percentatge de radiació interceptada referents als moments previs a cada sega pel període en què es van efectuar les mesures.

Taula 4.23 Valors de % de PAR interceptada i d'alçada del cultiu en el moment previ a la sega per a cada una de les dates en què es va mesurar amb el ceptòmetre (parcel·la A)

Parcel·la A					
Data lectura	23-jun	22-jul	19-ago	23-set	23-oct
% PAR interceptada	89,3	98,3	97,3	98,5	88,8
Alçada mitjana plantes (cm)	45	51	50	55	38

Taula 4.24 Valors de % de PAR interceptada i d'alçada del cultiu en el moment previ a la sega per a cada una de les dates en què es va mesurar amb el ceptòmetre (parcel·la B)

Parcel·la B			
Data lectura	29-jul	3-set	8-oct
% PAR interceptada	95,9	98,2	92,7
Alçada mitjana plantes (cm)	35	49	34

Taula 4.25 Valors de % de PAR interceptada i d'alçada del cultiu en el moment previ a la sega per a cada una de les dates en què es va mesurar amb el ceptòmetre (parcel·la C)

Parcel·la C				
Data lectura	14-jul	12-ago	16-set	23-oct
% PAR interceptada	98,2	97,6	98,0	90,7
Alçada mitjana plantes (cm)	51	37	47	29

En general, s'observa una relació proporcional entre l'alçada i la PAR interceptada pel que fa a l'estadi previ a la sega, quan la planta assoleix la màxima alçada abans de tallar-se. Hi ha però dos valors que no segueixen aquesta tendència ja que mostren una PAR interceptada més baixa que l'esperada si tenim en compte l'alçada. Aquests valors són en la parcel·la A, la primera i la darrera sega. En aquesta parcel·la, al ser el primer any de cultiu les plantes no tenen encara l'amplada que assoleixen en anys posteriors, per la qual cosa es pot esperar que la radiació interceptada sigui menor que en plantes més velles per a una mateixa alçada del cultiu.

4.3.2. Produccions

A fi d'estimar les produccions en diferents edats i densitats de plantació, es van realitzar segues durant tota la campanya 2009 en les diferents parcel·les per tal de determinar la producció en verd i en sec. Tal com s'ha comentat en els punts 3.2.3.2. i 3.2.3.3. el material vegetal verd es pesava, s'assecava i finalment es separava la fulla seca de les tiges. Es van determinar els següents valors i percentatges per a cada sega:

- Alçada mitja de les plantes
- Pes en verd (biomassa total)
- Pes sec de les fulles
- Pes sec de les tiges
- Pes sec total
- Ràtio pes sec total / pes en verd
- Ràtio pes sec fulla / pes sec total
- Ràtio pes sec fulla / pes verd total
- Ràtio pes sec tiges / pes sec total
- Ràtio pes sec tiges / pes verd total

Els resultats obtinguts es detallen en les següents taules per a cada parcel·la experimental. Les dues columnes de la dreta mostren per una banda els sumatoris dels valors de pes total (en verd, fulla seca, tiges seques, pes sec total), i per l'altra els valors mitjos globals de tota la campanya.

4.3.2.1. Parcel·la A

La parcel·la A va donar 5 segues entre el 23 de juny i el 4 de novembre, amb un interval entre segues d'un mes durant el període d'estiu. A la taula 4.26 es detallen els valors obtinguts per a les diferents segues i els valors globals (sumatoris i mitges).

Aquesta parcel·la va començar a segar-se tard a causa de la seva implantació al sòl en data 10.05.09. La primera sega es va efectuar a finals de juny i la darrera, la cinquena, a principis de novembre. Durant els mesos d'estiu es va realitzar una sega per mes, mentre que entre la quarta i la cinquena, ja a la tardor, van transcórrer sis setmanes aproximadament. Les segues més productives són les que corresponen a l'època de l'any amb més hores de llum, és a dir, els mesos de juny i juliol. El rendiment en pes de matèria seca respecte al pes total de la biomassa verda collida és major per a les dues segues primeres, que són també les més productives. Ambdues segues mostren un rendiment en matèria seca respecte al pes verd superior al 18 %. La mitja d'aquest percentatge per al total de la campanya és del 17,65 %. Pel que fa al percentatge en pes sec de la fulla respecte al pes en verd del total de la planta, també són les dues primeres segues les que mostren un percentatge més alt, el 12 i 13 % respectivament, mentre que el valor mig considerant totes les segues és del 10,44 % de rendiment en fulla seca respecte al total de biomassa segada. La fulla seca suposa en terme mig el 59 % de la matèria seca total, mentre que les tiges corresponen al restant 41 %.

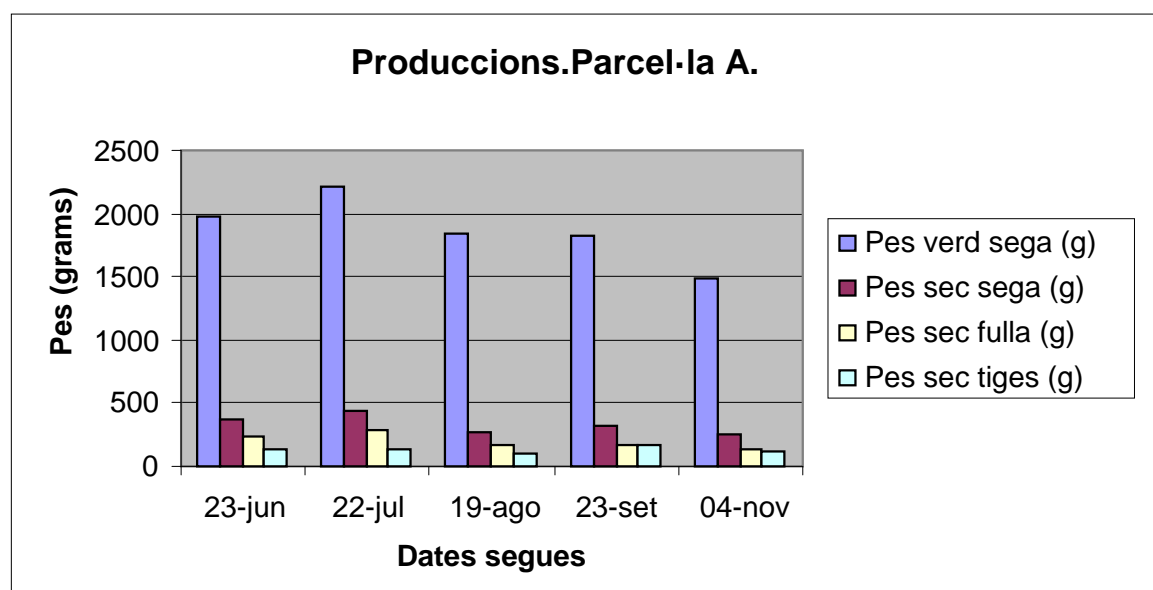
Taula 4.26 Valor de les produccions: biomassa verda i matèria seca (parcel·la A).

Parcel·la A	Segues					Paràmetres	
	1a	2a	3a	4a	5a	Σ	μ
Data sega	23-jun	22-jul	19-ago	23-set	04-nov		
Alçada mitjana plantes (cm)	45	50	50	55	40		48,0
Pes verd sega(kg)	1,97	2,21	1,84	1,83	1,49	9,34	1,87
Pes sec sega (g)	369	431	272	329	257	1658	331,6
Pes sec / pes verd (%)	18,73	19,50	14,78	17,98	17,25		17,65
P. sec fulla (g)	238	288	165	161	139	991	198,2
P. sec fulla / p. sec sega (%)	64,50	66,82	60,66	48,94	54,09		59,00
P. sec fulla / p. verd sega (%)	12,08	13,03	8,97	8,80	9,33		10,44
P. sec tiges (g)	131	143	107	168	118	667	133,4
P. sec tiges / p. sec sega (%)	35,50	33,18	39,34	51,06	45,91		41,00
P. sec tiges / p. verd sega (%)	6,65	6,47	5,82	9,18	7,92		7,21

Σ = Suma dels valors de la fila

μ = Mitjana dels valors de la fila

La gràfica 4.10 mostra l'evolució dels valors de les produccions absolutes de la parcel·la A durant la campanya 2009 pel que fa a matèria verda i matèria seca, aquesta darrera desglossada en fulla i tiges.



Gràfica 4.10 Produccions de cada sega: biomassa en verd i matèria seca (parcel·la A).

4.3.2.2. Parcel·la B

La parcel·la B va donar 6 segues entre el 18 d'abril i el 8 d'octubre, amb un interval entre segues d'una mica més d'un mes durant el període d'estiu. Aquest interval és més llarg que en el cas de la parcel·la A, fet que es pot justificar a causa de l'edat de la majoria de plantes del bancal, uns nou anys, i que es pot considerar massa elevada per a plantacions comercials. A la taula 4.27 es detallen els valors obtinguts per a les diferents segues i els valors globals (sumatoris i mitges).

Taula 4.27 Valor de les produccions: biomassa verda i matèria seca (parcel·la B).

Parcel·la B	Segues						Paràmetres	
	1a	2a	3a	4a	5a	6a	Σ	μ
Data sega	18-abr	20-mai	22-jun	29-jul	03-set	08-oct		
Alçada mitjana plantes (cm)	46	48	57	35	49	34		44,8
Pes verd sega(kg)	2,17	1,67	2,53	1,56	1,79	0,61	10,33	1,72
Pes sec sega (g)	344	282	525	321	290	113	1875	312,5
Pes sec / pes verd (%)	15,85	16,89	20,75	20,58	16,20	18,52		18,13
P. sec fulla (g)	178	161	320	235	188	83	1165	194,2
P. sec fulla / p. sec sega (%)	51,74	57,09	60,95	73,21	64,83	73,45		63,55
P. sec fulla / p. verd (%)	8,20	9,64	12,65	15,06	10,50	13,61		11,61
P. sec tiges (g)	166	121	205	86	102	30	710	118,3
P. sec tiges / p. sec sega (%)	48,26	42,91	39,05	26,79	35,17	26,55		36,45
P. sec tiges / p. verd (%)	7,65	7,25	8,10	5,51	5,70	4,92		6,52

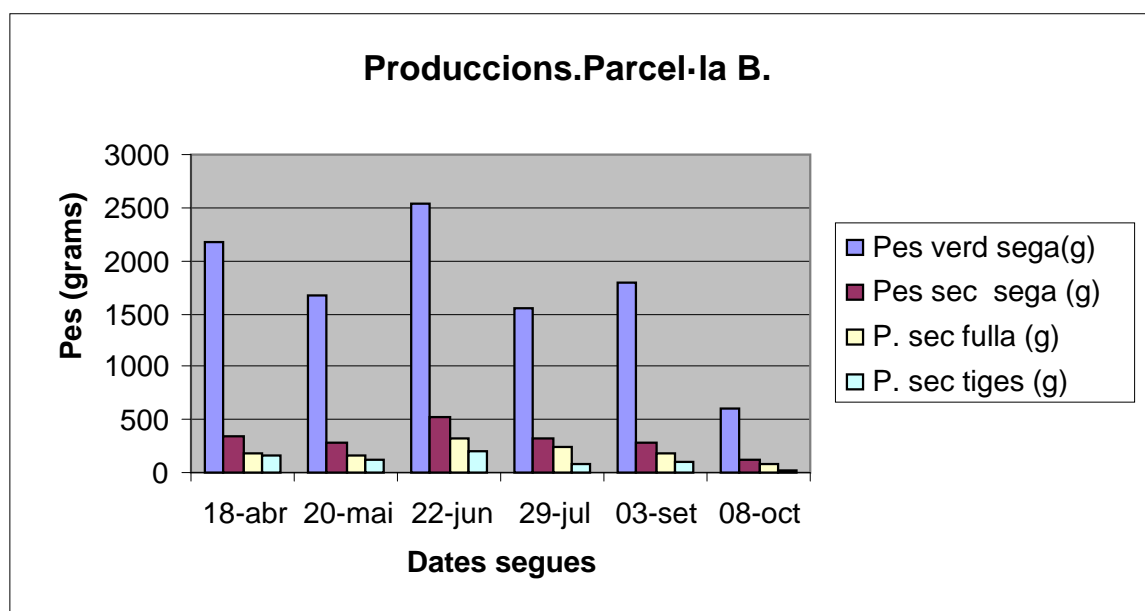
Σ = Suma dels valors de la fila

μ = Mitjana dels valors de la fila

Les produccions d'aquesta parcel·la són superiors a les de la parcel·la A i això és degut a que va proporcionar una sega més al tractar-se d'un cultiu ja implantat. Tot i això, l'elevada edat d'aquesta plantació no va permetre efectuar una darrera sega el mes de novembre a causa del poc creixement en aquelles dates.

Es pot observar que l'alçada mitja de les plantes en el moment de la sega és més variable al llarg de la campanya si la comparem amb les plantes de la parcel·la A. Les segues s'efectuaven quan el desenvolupament de botons florals indicava que la planta iniciava el procés de la floració en detriment del creixement vegetatiu. L'avançada edat de les plantes d'aquesta parcel·la B pot ser la causa probable de la irregularitat d'aquest moment fenològic si el comparem amb el que succeïa a la parcel·la A.

La gràfica 4.11 mostra l'evolució dels valors de les produccions absolutes de la parcel·la B durant la campanya 2009 pel que fa a matèria verda i matèria seca, aquesta darrera desglossada en fulla i tiges. Es pot observar la irregularitat en la producció al llarg del període d'aprofitament.



Gràfica 4.11 Produccions de cada sega: biomassa en verd i matèria seca (parcel·la B).

No obstant això, les produccions i rendiments d'aquesta parcel·la, amb plantes de nou anys d'edat es poden considerar molt bones si tenim en compte que la bibliografia existent considera que les plantacions comercials no han d'allargar-se més enllà dels sis o set anys.

Les segues més productives si tenim en compte la biomassa en verd són la primera, la tercera i la cinquena. No obstant, si considerem la producció en matèria seca, la quarta sega dóna més producció que la cinquena. Els rendiments en matèria seca respecte a la biomassa en vers són una mica superiors als de la parcel·la A i mostren un valor mig del 18,13 %. Pel que fa al percentatge en pes sec de la fulla respecte al pes en verd del total de la planta, i contràriament al que succeeix en la parcel·la A, són les

dues primeres segues les que mostren un percentatge més baix, mentre que la quarta i la sisena sega presenten els millors valors, el 15,06 i 13,61 % respectivament. El valor mig considerant totes les segues és del 11,61 % de rendiment en fulla seca respecte al total de biomassa segada. La fulla seca suposa en terme mig el 63,55 % de la matèria seca total, mentre que les tiges corresponen al restant 36,45 %. Això suposa un major percentatge de fulla seca si comparem amb la parcel·la A, en concret un 4,55 % més. El port de les plantes, amb una alçada mitja menor en el cas d'aquesta parcel·la pot ser la causa que les tiges suposin un menor percentatge del pes sec de la planta.

4.3.2.3. Parcel·la C

La parcel·la C va donar 7 segues entre el 8 d'abril i el 4 de novembre, amb un interval entre segues al voltant d'un mes durant la primavera i estiu. La darrera sega, la setena, va fer-se un mes i mig després de la sisena. Aquests intervals són comparables als corresponents a la parcel·la A, fet que es pot justificar a causa de l'edat de les plantes d'ambdues parcel·les, una edat jove amb creixement vigorós i continuat. A la taula 4.28 es detallen els valors obtinguts per a les diferents segues i els valors globals (sumatoris i mitjanes).

Les produccions d'aquesta parcel·la són superiors a les de les parcel·les A i B. això és degut a que va proporcionar dos segues més que la parcel·la A i una més que la parcel·la B. Aquesta parcel·la C és doncs una parcel·la implantada i en edat plenament productiva, i pot prendre's en certa manera com la referència del que pot suposar un cultiu comercial d'estèvia en ple rendiment.

Taula 4.28 Valor de les produccions: biomassa verda i matèria seca (parcel·la C)

Parcel·la C	Segues							Paràmetres	
	1a	2a	3a	4a	5a	6a	7a	Σ	μ
Data sega	08-abr	9-mai	06-jun	14-jul	12-ago	16-set	04-nov		
Alçada mitjana plantes (cm)	37	46	49	51	37	47	38		43,6
Pes verd sega(kg)	0,82	1,87	2,51	3,18	1,96	2,03	1,06	13,43	1,92
Pes sec sega (g)	132	275	341	529	273	339	190	2079	297,0
Pes sec / pes verd (%)	16,10	14,71	13,59	16,64	13,93	16,70	17,92		15,65
P. sec fulla (g)	89	173	227	321	203	216	139	1368	195,4
P. sec fulla / p. sec sega (%)	67,42	62,91	66,57	60,68	74,36	63,72	73,16		66,97
P. sec fulla / p. verd sega (%)	10,85	9,25	9,04	10,09	10,36	10,64	13,11		10,48
P. sec tiges (g)	43	102	114	208	70	123	51	711	101,6
P. sec tiges / p. sec sega (%)	32,58	37,09	33,43	39,32	25,64	36,28	26,84		33,03
P. sec tiges / p. verd sega (%)	5,24	5,45	4,54	6,54	3,57	6,06	4,81		5,17

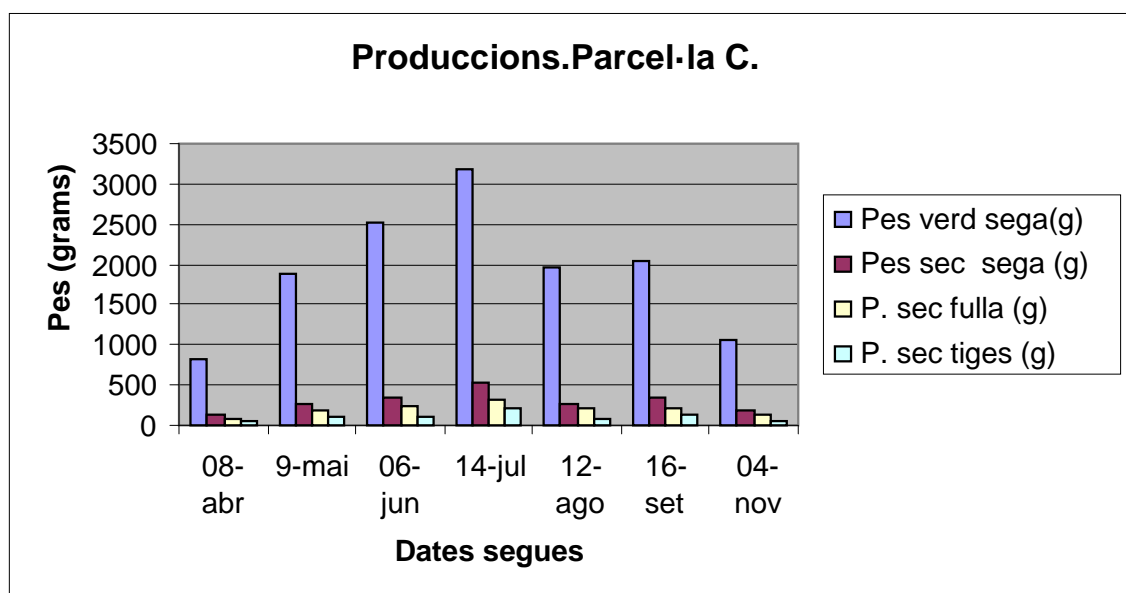
Σ = Suma dels valors de la fila

μ = Mitjana dels valors de la fila

Les segues més productives si tenim en compte la biomassa en verd són la tercera i la quarta, corresponents als mesos de juny i juliol respectivament. Tot i això, les segues de maig, agost i setembre mostren unes produccions bones i constants, totes elles al voltant dels 2 kg en verd, dada que correspon a un rendiment de 2,5 kg/m² considerant el sòl efectivament conreat o a 1,33 kg/m² si tenim en compte la superfície d'hivernacle coberta. Els rendiments en matèria seca respecte a la biomassa en vers són inferiors als de les dues parcel·les precedents i mostren un valor mig del 15,65 %. Pel que fa al percentatge en pes sec de la fulla respecte al pes en verd del total de la planta, aquesta parcel·la obté un valor pràcticament idèntic al de la parcel·la A, un 10,48 % de valor mig.

La fulla seca suposa en terme mig el 66,97 % de la matèria seca total, mentre que les tiges corresponen al restant 33,43 %. Això suposa el major percentatge de fulla seca de les tres parcel·les

La gràfica 4.12 mostra l'evolució dels valors de les produccions absolutes de la parcel·la C durant la campanya 2009 pel que fa a matèria verda i matèria seca, aquesta darrera desglossada en fulla i tiges. S'aprecia clarament la corba ascendent de les primeres segues fins arribar a la sega central del 14 de juliol i després la tendència descendent fins arribar a la darrera sega. El fet que la data de la sega de juliol s'allargués uns dies més del que hauria correspost fa que entre la quarta i la cinquena sega hi hagi més diferència que la que hi hauria si la sega de juliol s'hagués fet uns dies abans, amb la qual cosa la corba hauria estat clarament una paràbola.



Gràfica 4.12 Produccions de cada sega: biomassa en verd i matèria seca (parcel·la C).

4.3.2.4. Anàlisi dels resultats

Si bé les diferents parcel·les contenen cultius d'estèvia d'edats diferents, és interessant comparar alguns paràmetres a fi de valorar el rendiment del cultiu i d'establir la seva viabilitat econòmica com a cultiu perenne o fins i tot anual, en condicions de cultiu sota hivernacle no calefactat a la zona que ens ocupa.

A la taula 4.29 es troben les produccions totals obtingudes en cada parcel·la experimental dins l'hivernacle durant la campanya 2009.

Taula 4.29 Produccions totals de l'any 2009 per a cada parcel·la experimental, en grams.

Producte	Producció total campanya 2009 (grams)		
	Parcel·la A	Parcel·la B	Parcel·la C
Planta verda (biomassa)	9340	10330	13430
Planta seca (fulla + tiges)	1658	1875	2079
Fulla seca	991	1165	1368
Tiges seques	667	710	711

Per tal d'expressar aquestes produccions en rendiments per hectàrea, tindrem en compte que les parcel·les experimentals tenen unes dimensions de 0,8 x 1 m i que els passadissos entre bancals fan 0,7 m d'amplada, mentre que el passadís a cada extrem dels bancals té una amplada de 1,20 m. Amb aquestes dades, es pot considerar que cada parcel·la experimental ocupa una superfície total coberta d'hivernacle de 1,5 m².

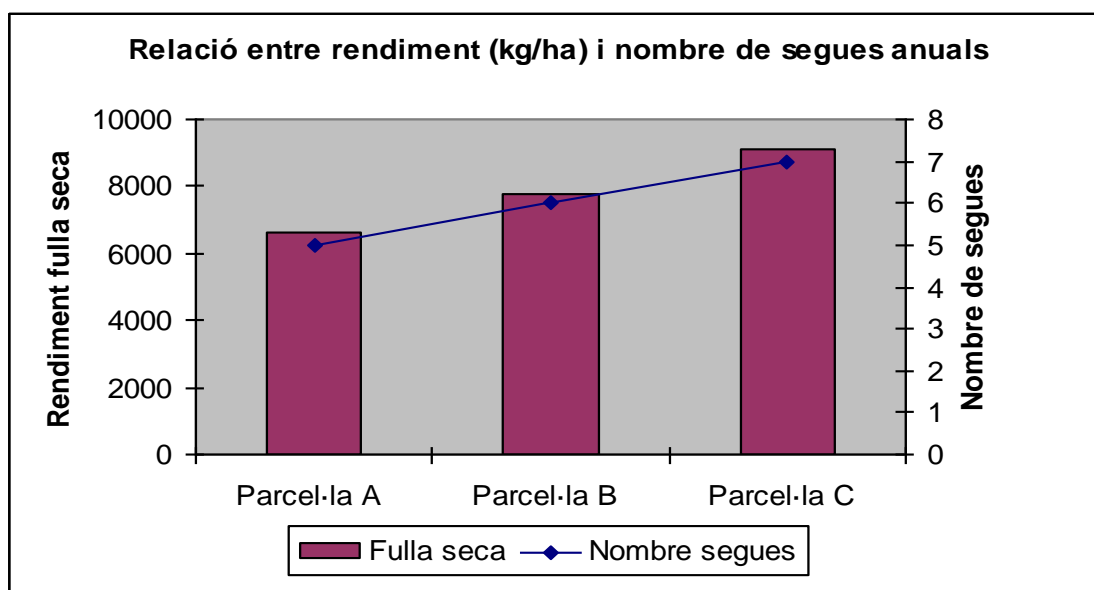
A la taula 4.30 es mostren els rendiments en kg/ha per a cada parcel·la sota coberta corresponents a la campanya 2009.

Taula 4.30 Rendiments totals obtinguts l'any 2009, expressats en kg per hectàrea coberta d'hivernacle, i per a cada parcel·la.

Producte	Rendiment anual (kg/ha)		
	Parcel·la A	Parcel·la B	Parcel·la C
Planta verda (biomassa)	62.267	68.867	89.533
Planta seca (fulla + tiges)	11.053	12.500	13.860
Fulla seca	6.607	7.767	9.120
Tiges seques	4.447	4.733	4.740

Els rendiments que ens interessen des del punt de vista agronòmic i comercial són els corresponents a fulla seca, tot i que les tiges seques com a subproducte també tenen potencialment un cert valor ja que poden ser emprades per a obtenir extracte vegetal o senzillament per a enriquir el compost. En qualsevol cas, per a l'obtenció d'edulcorant la indústria utilitza les tiges ja que tenen un cert contingut de glicòsids dolços, encara que molt baix. Si relacionem les produccions anuals obtingudes amb el nombre de segues efectuades per a cada parcel·la podem observar com, tot i tractar-se de cultius

de diferent edat, hi ha una relació directa entre el rendiment obtingut i el nombre de segues de la campanya tal com es pot veure a la gràfica 4.13..



Gràfica 4.13 Relació entre el nombre de segues anuals i el rendiment total en fulla seca per a cada parcel·la experimental.

El nombre més elevat de segues es va efectuar en la parcel·la C on hi havia plantes en una edat que podem considerar òptima per a la producció, això és, al tercer any des de la plantació. Podem concloure doncs que en edat de plena producció l'estèvia pot donar set segues. Aquest nombre de talls seria en principi l'òptim per als conreus comercials d'estèvia en les condicions d'aquest estudi i per a la varietat Criolla.

A la parcel·la A només es van poder efectuar cinc segues ja que la plantació es va dur a terme la primera quinzena de maig i els plançons van haver de desenvolupar-se a partir d'una sola tija. No obstant això, el rendiment en fulla seca equival a uns 6.600 kg/ha, que es pot considerar molt bo per a l'any d'implantació.

La parcel·la B, amb plantes de nou anys, va poder ser segada sis vegades i tot i l'edat de les plantes, el rendiment de 7.767 kg de fulla seca indica que l'estèvia sota coberta pot constituir un cultiu perenne de llarga durada, amb capacitat per a amortitzar perfectament tots els costos d'implantació en poc temps i proporcionar un marge de beneficis molt acceptable.

Si establim paral·lelismes entre els rendiments en fulla seca que es mostren a la taula 4.15 i els que recull Goettemoeller (2010) a partir d'experiències en diferents latituds i sistemes de conreu, es poden establir les següents comparacions:

- El rendiment de la parcel·la B (7.767 kg/ha) és molt semblant al que es va obtenir en un cultiu intensiu perenne a Giza, Egipte, amb una densitat de

67.000 plantes/ha, i on es va assolir un rendiment en fulla seca de 7.786 kg/ha en camp obert, durant dos experiències entre els anys 2001 i 2003.

- Totes les tres parcel·les mostren un rendiment superior al que es va obtenir sota hivernacle-túnel de plàstic en experiències efectuades a Bonn, Alemanya, l'any 2002, on es van assolir 5.170 kg/ha en un cultiu anual amb una densitat de 140.000 plantes/ha.
- Les tres parcel·les també mostren rendiments superiors al que es van obtenir en assaigs de camp efectuats pel Departament d'Agronomia del Centre d'Agricultura de Rottaia, prop de Pisa, Itàlia, entre els anys 1992 i 2000. El conreu era perenne amb una densitat de 45.000 plantes/ha. Els rendiments van oscil·lar entre 2.700 i 6.570 kg/ha. El valor més alt es va assolir el cinquè i sisè any de conreu.
- Igualment, les tres parcel·les mostren rendiments molt superiors als obtinguts en assajos de camp duts a terme a Ontario, Canadà, l'any 1990. En aquest cas, un conreu anual en camp obert amb una densitat de 100.000 plantes/ha va donar un rendiment de 2.500 kg/ha de fulla seca.
- El rendiment de la parcel·la C, tot i ser el més alt de les tres parcel·les, és encara inferior al que es va obtenir l'any 1990 en assajos de camp a Java, Indonèsia, on es van obtenir 13.800 kg/ha de fulla seca en un cultiu perenne d'alta densitat (208.000 plantes/ha). En aquest cas es va emprar cobertura del sòl amb plàstic fosc i es van efectuar set segues.

Igualment, si comparem els rendiments amb els indicats per Casaccia i Álvarez (2006), veiem que els rendiments anuals de les tres parcel·les són superiors als rendiments característics dels cultius en camp obert al Paraguai, on s'obtenen uns 1.200 kg/ha per la varietat Criolla i 3.500 kg/ha per la varietat Eireté, mentre que són equiparables als rendiments obtinguts amb la varietat Morita, que produeix de 6.000 a 9.000 kg/ha en funció de les condicions i del maneig agronòmic.

Els rendiments obtinguts són per tant notables i indiquen que en principi es podria produir comercialment estèvia a les nostres contrades en les condicions esmentades de protecció sota hivernacle de plàstic, sense calefacció. Si considerem que el preu en origen de la fulla seca d'estèvia en el moment de redactar aquestes línies es troba al voltant de 10 €/kg aleshores ens trobem amb que el marge brut per hectàrea d'hivernacle es situaria entre els 66.000 i 91.000 € anuals, depenent de l'edat del cultiu.

No obstant, el preu indicat correspon normalment a fulla seca d'estèvia de qualitat variable, sovint assecada al sol i per tant d'un color fosc que no la fan apta per a consum en forma de planta seca per infusió, sinó per a ús industrial amb destinació a extracció d'edulcorant. En el cas que ens ocupa, la producció d'estèvia sota hivernacle es podria destinar íntegrament a ús com planta medicinal, que un cop seleccionada i envasada pot assolir preus de venda al públic molt superiors, entre 50 i 65 €/kg. En aquest sentit, l'estèvia es presenta com un producte idoni per a la venda directa des de

l'explotació, ja sigui a través d'agrobotiga o mitjançant comerç *online* amb enviament a domicili. Igualment, és un producte que encaixa perfectament en els cooperatives de consum ecològic i de proximitat, ja que així es pot garantir que es tracta de planta obtinguda mitjançant mètodes respectuosos, on la manipulació post-collita ha estat realitzada de forma adequada, fet que permet conservar totes les propietats organolèptiques i medicinals de l'estèvia.

5. Conclusions

Les conclusions que es poden extraure dels diferents assajos i observacions realitzats durant el desenvolupament d'aquest projecte fi de carrera pel que fa a determinades característiques agronòmiques de la planta *Stevia rebaudiana* Bertoni es poden resumir en els següents apartats.

5.1. Resistència al fred

En les condicions agroclimàtiques de la zona de Balaguer, lloc del present estudi, l'estèvia presenta una certa supervivència en camp obert després del període de gelades hivernals. En concret, durant els hiverns 2008-09 i 2009-10 en què s'han assolit mínimes absolutes de -5,1 i -9,4 respectivament a l'estació meteorològica del XEMA a Vallfogona de Balaguer, es van assolir percentatges de supervivència que oscil·laven des del 8 % fins al 51 % del total de les plantes, depenent de les parcel·les.

Entre les diverses proteccions emprades la que va obtenir millors resultats va ser la coberta del sòl amb plàstic fosc microperforat. Amb tot, no hi ha diferència significativa a partir de l'assaig realitzat si comparem aquesta protecció amb els altres dos tractaments emprats, l'un de protecció amb palla damunt el sòl i el cultiu i l'altre consistent en l'absència de protecció (tractament control).

No obstant, durant l'hivern 2009-10 en què es va fer el seguiment de dues parcel·les en camp obert es va obtenir de forma significativa més supervivència en la parcel·la protegida amb plàstic microperforat on el cultiu s'havia plantat de forma que la corona de les plantes estava per sota el nivell del sòl, de forma que hi havia una cavitat entre la corona de la planta i el nivell del plàstic protector. En aquest cas, es van obtenir supervivències del 51 % del total de les plantes.

Les proteccions amb palla i canya de panís van obtenir resultats dispars i en cap cas millor que l'obtingut amb la protecció especificada anteriorment. Cal tenir en compte també que la protecció amb palla o canyot suposa un cost addicional en mà d'obra.

Per altra banda, en condicions de cultiu sota hivernacle tipus túnel a la zona de Balaguer, l'estèvia sobreviu al fred pràcticament en la seva totalitat si a més es cobreixen les plantes durant l'hivern amb doble capa de manta tèrmica sobre arcs formant un túnel baix. L'acció de la coberta de polietilè de l'hivernacle multi-túnel sumada amb la de la manta tèrmica originen un diferencial tèrmic de fins a 5°C durant les nits amb la qual cosa s'evita que es gelin les arrels de l'estèvia en les condicions habituals dels hiverns en aquesta zona.

Pel que fa a futures experiències o assajos en aquest sentit, caldria endegar un programa de millora de la població existent amb l'objectiu d'aconseguir plantes amb major resistència a les gelades i major supervivència del cultiu a les condicions dels hiverns de les terres de Lleida. Amb la selecció dels individus que rebroten després de

l'hivern i la seva multiplicació vegetativa probablement es podria fixar una població o varietat més adaptada a les nostres condicions agroclimàtiques.

5.2. Arrelament d'esqueixos

Els diferents assajos mostren que el percentatge d'arrelament d'esqueixos d'estèvia no depèn de l'aplicació del producte arrelant emprat, en el nostre cas, la fitohormona AIB + ANA. Les diferències en l'èxit d'arrelament entre els esqueixos tractats i els no tractats no són significatives.

Pel que fa al règim hídric aplicat, tampoc hi ha diferències significatives entre el reg per aspersió i la cambra humida pel que fa al percentatge d'arrelament. No obstant, sí que hi ha diferències significatives en l'alçada assolida pels esqueixos, tant en el moment del trasplantament com al final del període considerat en què es va fer el recompte final, vuit setmanes després de la plantació inicial dels esqueixos. L'alçada assolida pels esqueixos és superior en tots els tractaments amb règim hídric de cambra humida, tant si es va aplicar arrelant o no. Una causa probable per explicar aquesta diferència en el creixement és la major temperatura que existia dins la cambra humida en comparació amb la temperatura general de l'hivernacle que és la que gaudien els esqueixos regats per aspersió.

En general, es va comprovar que el mètode utilitzat tradicionalment per multiplicar l'estèvia a l'explotació Pàmies Hortícoles mitjançant esqueixos de tija sense aplicació de fitohormona arrelant resulta en uns percentatges de viabilitat de l'esqueix que oscil·len en la franja del 60 – 90 %. Aquest percentatge és massa baix ja que suposa una pèrdua de rendibilitat pels costos de mà d'obra que representa.

Caldria en un futur assajar altres factors per tal de millorar l'efectivitat de la multiplicació vegetativa de l'estèvia per esqueixos. En especial, seria interessant la introducció de règims hídrics que augmentessin la humitat relativa de l'aire mitjançant la nebulització freqüent de l'espai on es troben els esqueixos a fi d'evitar la seva deshidratació a l'hora que s'evita un excés d'humitat en el substrat on s'arrela l'esqueix.

5.3. Determinacions del cultiu sota hivernacle

El seguiment dels valors de la PAR interceptada pel cultiu d'estèvia ens permet concloure que els marcs de plantació de les tres parcel·les són adequats en el sentit que quan s'arriba a l'alçada en què les plantes inicien la formació de botons florals, l'aprofitament de la radiació fotosintètica que arriba al cultiu s'intercepta en un percentatge de fins al 98 % en alguns casos, i mai baixa del 88 %. Uns marcs més espaiosos haurien deixat arribar més PAR al sòl i per tant els valors de PAR interceptada haurien estat menors. Pel que fa a marcs més espessos, alguns autors com Casaccia i Álvarez (2006) no els recomanen si no es tracta de varietats millorades amb port idoni per a aquestes densitats i també adverteixen d'un risc més alt de malalties fúngiques a la part basal de les plantes.

En la nostra experiència, les produccions obtingudes sota hivernacle depenen de l'edat del cultiu i oscil·len entre valors que van des dels 62.000 kg/ha fins a pràcticament 90.000 kg/ha de biomassa. Tenint en compte que la fulla seca ha representat en el nostre cas un 10 – 11 % de la producció total en verd, es pot afirmar que les produccions de fulla seca poden obtenir valors entre 6 i 9 tones per hectàrea d'hivernacle. Les produccions menors correspondrien a l'any d'implantació, en què la planta no ha desenvolupat encara gaires tiges laterals mentre que les produccions més altes es podrien obtenir a partir del segon o tercer any. Cal ressaltar que la plantació de la parcel·la que es trobava en el seu desè any de producció encara va mostrar rendiments equivalents a uns 7.700 kg/ha.

Pel que fa a l'alçada del cultiu en el moment de la sega, s'han mesurat valors mitjans entre 44 i 48 cm en el moment idoni de la sega, és a dir, quan les plantes es troben en l'estadi previ a l'inici de la floració, amb els botons florals visibles en un percentatge notable de les plantes.

En les nostres condicions, és possible un nombre de segues entre 5 i 7 al llarg d'una campanya, entre els mesos d'abril i novembre, i efectuades cada quatre o cinc setmanes d'acord principalment amb la duració del dia i la temperatura, essent les segues de final de primavera i principi d'estiu més seguides i les de final d'estiu i principi de tardor més espaiades.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ACKERMANN, A.; FRENTZEN, M. (2011). "Oral aspects of steviosides". A: 5TH SYMPOSIUM EUSTAS. *The proceedings of the 5th symposium 2011*. Chapter 9. Heverlee, Belgique: EUPRINT ed. ISBN 978-90-74253-192

ALLIANCE FOR NATURAL HEALTH EUROPE (2011, 16 de maig). *ANH.EUROPE* [en línia]. Dorking [Consultat: 17 maig 2011]. Disponible a Internet: <http://www.anh-europe.org/>

ALONZO-TORRES, M. (2007). *Uso del Kaa Hee en la Horticultura*. Laguna Naick Neck, Provincia de Formosa, Argentina: Instituto Provincial de Acción Integral para pequeños productores agropecuarios. Fullet, 13 p. (Producción de hortalizas todo el año. Módulo IV . Producción de Kaa Hee / Material de difusión 02)

ANAGALIDE, S.A. (2010, 5 de novembre). ANAGALIDE, S.A. Chemistry with natural answers [en línia]. Barbastro. [Consultat: 6 novembre 2011]. Disponible a Internet: <http://www.anagalide.com/ES/estevia.htm>

ANDOLFI, L.; CECCARINI, L.; MACCHIA, M. (2002). "Bio-agronomic characteristics of *Stevia rebaudiana*". *Informatore Agrario*, núm. 58 : p. 48 – 51.

ANDOLFI, L.; MACCHIA, M.; CECCARINI, L. (2006). "Agronomic-productive Characteristics of Two Genotype of *Stevia Rebaudiana* in Central Italy". *Italian Journal of Agronomy*, 2006, núm. 2 : p. 257-262.

BARATHI, N. (2003). "Stevia – The calorie free natural sweetener". *Natural Product Radiance*, vol 2(3) maig-juny 2003 : p. 120-123.

BASUKI, S. (1990). "Effects of black plastic mulch and plant density on the growth of weeds and stevia". *BIOTROP special publication*, núm. 38 : p. 107 – 113.

BRANDLE, J.E.; STARRATT, A.N.; GIJZEN, M. (1998). "Stevia rebaudiana: Its agricultura, biological, and chemical properties". *Canadian Journal of Plant Science*, núm. 78 : p. 527-536.

CASACCIA, J.; ALVAREZ, E. (2006). *Recomendaciones técnicas para una producción sustentable del Ka'a He'e (Stevia rebaudiana Bertoni) en el Paraguay*. Caacupe, Paraguay: Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección de Investigación Agrícola, Instituto Agronómico Nacional. Fullet, 51 p. (Manual técnico, nº 8).

CHAN, P.; TOMLINSON, B.; CHEN, Y.J.; LIU, J.C.; HSIEH, M.H.; CHENG, J.T. (2000). *A double-blind placebo-controlled study of the effectiveness and tolerability of oral stevioside in human hypertension*. Clinical trial. Division of Cardiovascular Medicine. Taipei Medial College and affiliated Taipei Wang Fang Hospital, Taipei, Taiwan. Publicació PUBMED 10971305.

DONALISIO, M.G.; DUARTE F.R.; SOUZA, C.J. (1982). "Estevia (*Stevia rebaudiana*)". *O Agrônomo*, vol. 34, núm. 1 : p. 65-68.

ELKINS, R. (2007). *Stevia. Nature's Sweetener*. Orem: Woodland Publishing. ISBN 978-1-58054-476-4

EUROPEAN STEVIA ASSOCIATION (EUSTAS) (2011, 9 maig). *EUSTAS* [en línia]. European Stevia Association [Consultat: 10 maig 2011]. Disponible a Internet: http://www.eustas.org/engl/index_engl.html

FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2011, 16 de maig) [Consultat: 17 maig 2011]. Disponible a Internet: http://www.fao.org/ag/agn/agns/jecfa_index_es.asp

FILHO, L. O. F.; MALAVOLTA, E.; DE SENA, J. O. A.; CARNEIRO, J. W. P. (1997). "Uptake and accumulation of nutrients in stevia (*Stevia rebaudiana*).". *Scientia agricola*, vol. 54, 1-30.

FRONZA, D.; FOLEGATTI, M. V. (2002). "Determination of water requirement of *Stevia rebaudiana* using capillary ascension microlysimeter". A: *Proceedings of the 18th International Congress on Irrigation and Drainage, Food Production, Poverty Alleviation and Environmental Challenges as Influenced by Limited Water Resources and Population Growth*. Montreal, Canada. Vol. I, p. 7.

GATES, D. (1997). *The Stevia Story*. Atlanta: B.E.D. Publications Co. ISBN 0-9638458-1-0

GEUNS, J.M.C. (2010). *Estevia y los glicósidos de esteviol*. Heverlee: Euprint Ed. ISBN 978-90-74253-178

GLOBAL STEVIA INSTITUTE (2001, 1 setembre).[Consultat: 1 setembre 2011]. Disponible a Internet: <http://www.globalstevia institute.com/en/Default/AboutStevia.aspx>

GOENADI, D. H. (1987). "Effect of slope position on growth of *Stevia rebaudiana* in Indonesia". *Communications in Plant Science and Analysis*, vol. 18 : p. 1317-1328.

GOETTEMÖLLER, J. (2010). *Growing Stevia for Market*. Maryville: Prairie Oak Publishing. ISBN 978-0-9786293-5-9

GOETTEMÖLLER, J.; CHING, A. (1999). "Seed germination in *Stevia rebaudiana*". A: *Perspectives on new crops and new uses*. Alexandria, Virginia: ASHS Press, p. 510-511. <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1999/v4-510.html>

GOETTEMÖLLER, J.; LUCKE K. (2008). *Growing and using Stevia*. Maryville: Prairie Oak Publishing. ISBN 978-0-9786293-3-5

GREGERSEN, S.; JEPPESEN, P.B.; HOLST, J.J.; HERMANSEN, K. (2004). *Antihyperglycemic effects of stevioside in type 2 diabetic subjects*. Clinical trial.

Department of Endocrinology and Metabolism, Aarhus University Hospital, Denmark.
Publicació PUBMED 14681845.

HERRANZ-LÓPEZ, M; BARRAJÓN-CATALÁN, E.; BELTRÁN-DEBÓN, R.; JOVEN, J.; MICOL, V. (2010). "Stevia is a source for alternative sweeteners: potential medicinal effects". *Agro Food Industry Hi-Tech*, vol. 21, núm. 3: p. 38-42.

HSIEH, M.H.; CHAN, P.; SUE, Y.M.; LIU, J.C.; LIANG, T.H.; HUANG, T.Y.; TOMLINSON, B.; CHOW, M.S.; KAO, P.F.; CHEN, Y.J. (2003). *Efficacy and tolerability of oral stevioside in patients with mild essential hypertension: a two-year, randomized, placebo-controlled study*. Clinical trial. Department of Medicine, Taipei Medical University, Wan Fang Hospital, Taipei City, Taiwan. Publicació PUBMED 14693305.

INTERNATIONAL STEVIA COUNCIL (2011, 1 setembre).[Consultat: 1 setembre 2011]. Disponible a Internet:<http://www.internationalsteviacouncil.org/>

JARMA OROZCO, A.D. (2010). Adaptación de dos clones de estevia (*Stevia rebaudiana* Bert.) a tres ambientes del Caribe colombiano. J.F. Clavijo Porras (dir). Tesis doctoral. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía. Escuela de Posgrados, Bogotá.

JIMWOONG, K.; YOUNG HAE, C.; YOUNG-HEE, C. (2002). "Use of stevioside and cultivation of *Stevia rebaudiana* in Korea". A: *Stevia. The genus Stevia*. London: Taylor & Francis. p. 198-202. ISBN 0-415-26830-3

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT LEUVEN (2003, 15 octubre). *European Stevia Center* [en línia]. Katholieke Universiteit Leuven [Consultat: 15 juny 2011]. Disponible a Internet:<http://bio.kuleuven.be/biofys/ESC/English/ESC.htm>

KENNELLY, E. (2002). "Sweet and non-sweet constituents of *Stevia rebaudiana*". A: *Stevia. The genus Stevia*. London: Taylor & Francis. p. 68-85. ISBN 0-415-26830-3

KINGHORN, A. D. (2002). "Overview". A: *Stevia. The genus Stevia*. London: Taylor & Francis. p. 1-17. ISBN 0-415-26830-3

LANKES, C.; PUDE, R. (2008). "Possibilities for Growth of *Stevia* in European Temperate Zones". A: *Proceedings of the 2nd Stevia Symposium 2008 organised by EUSTAS. Steviol glycosides: technical and pharmacological aspects*. Chapter 7. Heverlee, Belgium: Euprint. p. 103-115. ISBN 9789074253-031

LEE, J.L.; KANG, K.H.; PARK, H.W.; HAM, Y.S.; PARK, C.H. (1980). "Studies on the new sweetening source plant, *Stevia rebaudiana* in Korea. II. Effects of fertilizer rates and planting density on dry leaf yields and various agronomic characteristics of *Stevia rebaudiana*". *Research reports of the Office of Rural Development (Crop Suwon)*, vol. 22 : p. 138-144.

LESTER, T. (1999). "*Stevia rebaudiana* (Sweet Honey Leaf)". *The Australian New Crops Newsletter*, núm. 11, gener 1999.

MAHESHWAR, H.M. (2005). Effect of different levels of nitrogen and dates of planting on growth and yields of Stevia (*Stevia rebaudiana* Bert.). Dr. S. G. Angadi (dir.) Treball per l'obtenció de Màster. University of Agricultural Sciences Dharwad. College of Agriculture. Dharwad, India.

MEDHERBS (2011, 13 juny) *Medherbs, Herbs, Spices, Stevia*. [en línia]. Medherbs [Consultat: 13 juny 2011]. Disponible a Internet: <http://www.medherbs.de/>

MEGEJI, N.W.; KUMAR, J.K.; SINGH, V.; KAUL, V.K.; AHUJA, P.S. (2005). "Introducing *Stevia rebaudiana*, a natural zero-calorie sweetener". *Current Science*, vol. 88, núm 5 : p. 31-35.

MERCOLA, J. (2006). *Sweet Deception*. Nashville: Thomas Nelson, Inc. ISBN 0-7852-2179-4

MIDMORE, D. J.; RANK, A. H. (2002). "A new rural industry – Stevia – to replace imported chemical sweeteners". Barton, Australia: Rural Industries Research and Development Corporation. RIRDC Web Publication No. W02/022

INGLE, M.R. (2008). Effect of growth regulators and environments on rooting of Stevia cuttings (*Stevia rebaudiana* Bertoni). C.K. Venugopal (dir.). Tesi. University of Agricultural Sciences. College of Agriculture, Dharwad, India.

MIZUTANI, K.; TANAKA, O. (2002). "Use of *Stevia rebaudiana* sweeteners in Japan". A: *Stevia. The genus Stevia*. London: Taylor & Francis. p. 178-195. ISBN 0-415-26830-3

MORITA KAGAKU KOGYO (2011, 13 setembre).[Consultat: 13 setembre 2011]. Disponible a Internet:<http://www.morita-kagaku-kogyo.co.jp/e/index.html>

MURAYAMA, S.; KAYANO, R.; MIYAZATO, K.; NOSE, A. (1980). "Studies on the cultivation of *Stevia rebaudiana* II. Effects of fertilizer rates, planting density and seedling clones on growth and yield". *Science Bulletin of the College of Agriculture, University of the Ryukyus, Okinawa*, vol. 27 : p. 1-8.

RAJAGOPAL, R. (2009). *Global Stevia Industry Perceptions Report 2009*. Mumbai: KnowGenix & Centre for Management Technology. Fullet, 21 p.

RAJAGOPAL, R. (2009). *Stevia as an Alternative sweetener – Promise and Challenges*. Mumbai: KnowGenix & Centre for Management Technology. Fullet, 14 p. (Position Paper for SteviaWorld Feb2009)

RAMESH, K.; SINGH, V.; MEGEJI, N.W. (2006). "Cultivation of *Stevia* (*Stevia rebaudiana* (Bert.) Bertoni): A Comprehensive Review". *Advances in Agronomy*. San Diego, California: Elsevier Inc. Vol. 89, p: 137-177. ISBN 978-0-12-000807-0

RICHARD, D. (1999). *Stevia Rebaudiana: Nature's Sweet Secret*. 3rded. Ridgefield: Vital Health Publishing. ISBN 1-890612-15-4

RODRÍGUEZ, H.; ACOSTA, L.L.; HECHEVARRÍA, I.; RIVERA, M.M.; RODRÍGUEZ, C.A.; SÁNCHEZ, E.; MILANÉS, M. (2007). "Comportamiento del cultivo de *Stevia rebaudiana* (Bertoni) Bertoni en Cuba". *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, vol. 12, núm. 4, versió On-line ISSN 1028-4796

SAHELIAN, R.; GATES, D. (1999). *The Stevia cookbook*. New York: Avery. ISBN 0-89529-926-7

SATO, N.; TAKEUCHI, M. (2000). "The Food Revolution in Japan. Stevia, the Savior for Food, Life and Health" Tokyo: President Sha Ltd. (Fotocòpies de la traducció anglesa feta a partir de l'original japonès).

SHOCK, C. C. (1982). "Rebaudi's stevia: Natural noncaloric sweeteners". *California Agriculture*, vol 36(9) : p. 4-5.

SINGH, V.; KAUL, V. K. (2005). "*Stevia rebaudiana* for income generation". *Vigyan Pragati*, p. 10-15.

SOEJARTO, D. D. (2002). "Botany of *Stevia* and *Stevia rebaudiana*". A: *Stevia. The genus Stevia*. London: Taylor & Francis. p. 18-39. ISBN 0-415-26830-3

SOEJARTO, D. D. (2002). "Ethnobotany of *Stevia* and *Stevia rebaudiana*". A: *Stevia. The genus Stevia*. London: Taylor & Francis. p. 40-67. ISBN 0-415-26830-3

STEVIA PARAGUAY (2010, 6 juny). *STEVIA PARAGUAY*[en línia]. European Stevia Association [Consultat: 6 juny 2010]. Disponible a Internet: <http://www.stevia-paraguay.com/>

SUMIDA, T. (1980). "Studies on *Stevia rebaudiana* Bertoni as a possible new crop for sweetening resource in Japan". *J. Central Agricultural Exp. Stn.*, vol. 31, 1-71.

TAIARIOL, D. R. (2004). "Characterization of the *Stevia rebaudiana* Bert." <http://www.monografias.com/trabajos13/Stevia/stevia.html>

THE TRUVIA COMPANY LLC (2011, 13 juny) *Truvia Natural Sweetener*[en línia]. The Truvia Company LLC [Consultat: 13 juny 2011]. Disponible a Internet: <http://truvia.mx/index.html>

WILLIAM REED BUSINESS MEDIA (2011, 17 d'abril). *Food Navigator* [en línia]. [Consultat: 10 maig 2011]. Disponible a Internet: <http://www.foodnavigator.com/>

WORLD STEVIA ORGANISATION (2011, 29 agost). *WSO*[en línia]. World Stevia Organisation [Consultat: 29 agost 2011]. Disponible a Internet: <http://www.wso-site.com/>

ANNEXES

Dades climàtiques enregistrades a l'estació de Valfogona de Balaguer (1991-2010)

ANY	MES	T	TMAX	TMAXABS	TMIN	TMINABS	PLUJA	ETO	DIESGELADA
1991	1	3,30	8,10	14,60	-0,60	-4,50	15,60	14,90	20,0
1991	2	5,80	12,20	21,00	0,20	-7,60	17,20	30,70	12,0
1991	3	11,40	17,00	21,90	6,10	0,70	34,00	36,30	0,0
1991	4	11,10	18,20	24,70	4,00	-2,20	13,20	0,00	4,0
1991	5	14,70	22,40	30,30	7,20	0,10	23,00	0,00	0,0
1991	6	21,50	29,20	36,90	14,10	6,80	2,80	0,00	0,0
1991	7	25,30	33,00	38,00	17,10	11,10	0,40	0,00	0,0
1991	8	25,90	33,80	38,10	18,80	11,70	32,40	0,00	0,0
1991	9	21,30	28,20	32,80	15,50	7,40	50,40	0,00	0,0
1991	10	12,40	19,10	25,30	6,50	-1,60	36,30	0,00	5,0
1991	11	7,50	13,70	21,50	2,40	-4,10	57,10	0,00	11,0
1991	12	5,20	9,00	15,40	1,40	-5,60	16,60	0,00	10,0
1992	1	1,30	4,70	12,60	-1,50	-5,40	25,90	0,00	24,0
1992	2	4,30	10,60	16,60	-1,20	-5,00	5,10	1,80	18,0
1992	3	9,00	16,20	24,00	1,90	-3,10	12,80	59,90	8,0
1992	4	13,20	21,30	28,80	5,20	-0,10	31,80	98,40	1,0
1992	5	17,90	24,80	31,30	11,40	6,20	119,30	123,30	0,0
1992	6	17,60	23,70	31,50	11,80	6,10	71,30	109,40	0,0
1992	7	23,90	31,50	38,80	16,80	11,50	11,40	150,30	0,0
1992	8	25,50	32,90	36,90	19,00	12,60	36,90	124,60	0,0
1992	12	6,50	10,60	15,30	2,70	-3,30	20,70	16,50	8,0
1993	1	3,00	6,30	13,90	0,00	-4,90	2,40	12,40	16,0
1993	2	5,60	12,00	16,80	0,10	-7,40	14,60	30,40	14,0
1993	3	9,10	15,60	23,50	3,30	-4,20	31,20	57,40	7,0
1993	4	12,40	19,70	26,70	5,20	-1,20	38,70	94,60	2,0
1993	5	17,00	23,60	29,20	10,70	5,50	90,00	120,20	0,0
1993	6	22,00	29,50	35,60	14,70	7,50	8,30	153,70	0,0
1993	7	23,40	31,10	37,60	15,80	8,10	0,20	164,70	0,0
1993	8	23,90	31,80	38,00	16,80	9,00	35,30	142,90	0,0
1993	9	18,60	25,20	31,10	12,50	6,20	47,80	92,40	0,0
1993	10	12,50	17,90	26,00	7,50	-0,70	61,40	49,70	1,0
1993	11	9,20	13,30	19,80	5,70	-1,60	27,40	18,80	3,0
1993	12	7,30	12,90	21,20	2,30	-2,70	2,70	17,30	7,0
1994	1	4,70	11,40	18,20	-0,60	-6,90	6,00	26,40	18,0
1994	2	7,50	14,40	20,60	1,90	-2,40	21,10	36,10	10,0
1994	3	11,80	19,70	25,70	4,70	0,60	2,60	71,50	0,0
1994	4	12,30	18,90	28,40	5,50	-0,30	26,50	94,60	1,0
1994	5	18,40	25,10	35,10	11,80	6,90	35,00	119,80	0,0
1994	6	22,50	30,30	38,70	14,00	8,00	3,40	164,00	0,0
1994	7	27,10	35,00	39,30	19,50	14,00	1,90	178,40	0,0
1994	8	26,20	33,80	39,90	19,30	14,20	4,90	154,90	0,0
1994	9	18,90	25,40	32,90	12,90	4,30	89,50	95,50	0,0
1994	10	15,80	20,20	24,80	12,10	6,20	99,80	48,70	0,0
1994	11	11,00	13,90	20,50	8,10	4,70	85,00	18,20	0,0

1994	12	5,40	8,30	18,40	2,40	-5,50	4,90	12,00	10,0
1995	1	5,00	12,00	18,80	-0,90	-6,00	10,30	28,50	19,0
1995	2	7,90	15,30	19,90	1,50	-5,30	6,00	38,60	11,0
1995	3	9,40	17,50	22,50	1,30	-3,40	2,30	76,60	9,0
1995	4	13,00	21,00	25,10	5,40	0,20	19,20	103,20	0,0
1995	5	17,50	24,70	31,20	10,40	1,20	16,40	132,00	0,0
1995	6	20,70	27,60	33,60	14,20	6,30	11,50	136,10	0,0
1995	7	25,80	32,90	37,10	18,60	12,70	0,00	171,50	0,0
1995	8	23,40	30,70	35,40	17,20	10,30	30,80	138,40	0,0
1995	9	18,10	24,90	30,60	11,80	3,70	10,30	98,10	0,0
1995	10	17,00	24,00	28,00	11,60	6,40	33,60	66,70	0,0
1995	11	10,50	16,50	25,90	5,00	-0,60	24,60	33,00	2,0
1995	12	6,90	10,00	17,30	3,80	-3,90	95,30	12,20	2,0
1996	1	8,50	12,70	16,60	4,30	-0,10	111,10	21,80	2,0
1996	2	5,30	11,90	16,00	-0,50	-6,40	1,50	38,30	16,0
1996	3	9,70	16,80	22,70	3,10	-2,90	5,10	69,40	7,0
1996	4	12,90	19,60	24,10	6,60	-2,10	14,50	89,80	3,0
1996	5	16,70	24,00	31,30	9,80	2,70	9,60	132,50	0,0
1996	6	21,50	29,20	34,00	14,00	9,00	16,50	151,40	0,0
1996	7	23,60	31,20	37,40	16,30	8,50	9,40	154,80	0,0
1996	8	22,80	29,60	34,00	16,70	10,20	43,40	134,80	0,0
1996	9	17,40	24,40	30,70	10,70	5,00	33,30	89,50	0,0
1996	10	13,30	20,60	25,60	7,20	0,30	38,00	59,70	0,0
1996	11	8,90	14,60	20,50	3,80	-1,40	81,60	28,30	3,0
1996	12	7,30	11,50	17,50	3,50	-3,80	59,20	16,40	6,0
1997	1	6,80	10,50	15,90	3,60	-2,50	91,70	16,60	8,0
1997	2	7,90	14,50	21,20	2,10	-3,30	2,80	36,30	6,0
1997	3	11,20	19,70	23,30	3,30	0,50	12,60	77,00	0,0
1997	4	14,10	21,50	26,60	6,70	2,30	37,80	103,10	0,0
1997	5	18,10	24,80	32,50	11,50	3,90	15,80	127,60	0,0
1997	6	20,50	26,70	32,40	14,30	9,70	66,20	131,90	0,0
1997	7	22,20	29,40	34,50	15,60	10,20	41,90	147,00	0,0
1997	8	24,00	31,20	36,20	17,70	8,60	35,60	136,00	0,0
1997	9	20,70	27,80	32,40	14,60	10,80	31,20	97,50	0,0
1997	10	16,70	23,60	30,50	10,50	0,90	10,90	69,00	0,0
1997	11	9,60	14,70	19,70	5,10	-0,70	41,50	25,30	1,0
1997	12	6,00	11,10	16,60	1,60	-3,40	82,70	18,20	10,0
1998	1	6,80	12,10	16,60	1,90	-4,60	23,00	24,70	12,0
1998	2	7,20	13,70	20,60	1,80	-1,50	19,60	34,60	9,0
1998	3	10,70	18,70	22,30	3,50	-3,20	6,40	72,50	7,0
1998	4	12,00	18,60	27,90	4,90	-0,80	57,90	93,90	2,0
1998	5	17,00	23,80	27,70	10,50	4,20	35,70	120,10	0,0
1998	6	22,70	29,90	34,90	15,30	8,50	2,60	154,20	0,0
1998	7	24,40	32,00	37,10	16,80	11,20	16,90	163,90	0,0
1998	8	23,90	32,10	38,10	16,20	11,30	5,50	142,50	0,0
1998	9	20,70	27,20	34,60	14,80	7,10	9,20	99,20	0,0

1998	10	13,50	20,80	27,30	7,20	3,30	11,30	61,70	0,0
1998	11	6,70	13,40	21,50	1,20	-5,40	11,30	28,70	11,0
1998	12	3,70	8,80	14,80	-0,30	-6,00	40,60	16,60	16,0
1999	1	4,80	10,80	22,50	0,10	-4,70	10,40	21,60	14,0
1999	2	5,20	13,40	22,00	-1,80	-8,40	1,70	37,50	19,0
1999	3	10,10	16,80	24,50	3,90	-1,50	56,70	62,90	5,0
1999	4	12,90	20,60	27,20	5,50	0,50	32,10	97,30	0,0
1999	5	18,70	25,50	30,90	12,80	7,10	121,20	105,30	0,0
1999	6	21,60	28,80	33,80	15,00	11,60	6,80	145,90	0,0
1999	7	24,70	32,20	36,70	17,90	12,70	20,10	163,80	0,0
1999	8	25,30	32,00	36,40	19,30	13,90	16,00	141,90	0,0
1999	9	21,10	27,80	38,70	15,50	10,80	76,50	67,70	0,0
1999	10	14,90	21,00	25,00	9,60	4,50	41,20	54,30	0,0
1999	11	5,90	11,80	23,60	1,10	-7,10	33,80	26,00	12,0
1999	12	4,10	9,70	19,70	-0,40	-6,00	3,20	17,60	19,0
2000	1	1,50	7,20	16,00	-2,80	-7,50	2,30	17,20	27,0
2000	2	8,10	16,70	22,10	0,50	-2,10	0,90	44,60	15,0
2000	3	10,20	18,20	24,90	2,90	-2,00	37,20	67,80	3,0
2000	4	12,60	18,80	26,00	6,50	0,10	56,60	89,70	0,0
2000	5	19,00	26,10	32,30	12,50	7,40	39,70	133,30	0,0
2000	6	22,10	29,30	34,70	14,90	9,50	61,60	140,40	0,0
2000	7	23,50	30,40	35,80	16,60	8,70	2,60	159,80	0,0
2000	8	24,50	32,10	37,20	17,20	11,20	8,60	150,20	0,0
2000	9	20,50	28,30	33,70	13,60	7,30	57,10	106,50	0,0
2000	10	14,50	20,20	25,60	9,70	5,10	76,70	53,80	0,0
2000	11	8,30	13,50	19,20	3,70	-0,50	57,50	27,10	4,0
2000	12	7,30	12,00	16,10	3,50	-2,00	41,80	17,30	3,0
2001	1	6,80	11,80	16,10	2,30	-2,00	30,80	21,80	4,0
2001	2	6,10	12,60	17,60	0,70	-5,40	4,50	33,70	15,0
2001	3	12,80	19,40	29,10	6,30	-2,70	26,90	71,90	1,0
2001	4	13,00	20,80	26,10	4,80	-2,10	79,10	106,20	3,0
2001	5	17,60	24,60	34,30	10,90	2,80	39,00	122,60	0,0
2001	6	23,20	31,00	39,60	15,00	8,50	7,60	162,30	0,0
2001	7	23,60	30,70	37,70	16,90	10,80	49,00	147,80	0,0
2001	8	24,90	32,60	38,90	18,10	13,70	7,40	141,00	0,0
2001	9	18,40	25,90	30,60	11,70	5,80	28,30	95,80	0,0
2001	10	17,20	23,80	29,20	11,80	6,10	9,00	64,00	0,0
2001	11	6,90	12,20	19,60	2,10	-5,50	28,90	24,30	3,0
2001	12	-0,40	3,60	13,90	-4,00	-13,50	8,20	12,60	22,0
2002	1	5,20	9,90	17,00	1,40	-3,60	7,80	18,50	8,0
2002	2	7,60	15,10	20,40	1,20	-3,40	4,80	39,30	10,0
2002	3	11,60	17,90	26,40	5,70	-2,00	8,60	63,40	1,0
2002	4	13,40	20,10	29,00	7,10	2,10	38,20	87,30	0,0
2002	5	16,70	23,20	31,50	10,10	2,70	26,70	119,10	0,0
2002	6	22,70	30,30	37,60	15,10	8,30	14,90	149,60	0,0
2002	7	24,00	31,50	37,70	16,80	10,00	4,40	138,70	0,0

2002	8	22,20	29,50	35,50	16,10	9,30	36,80	134,30	0,0
2002	9	19,20	26,30	29,70	13,20	4,10	75,20	99,60	0,0
2002	10	14,80	21,40	25,70	9,20	3,70	44,60	59,00	0,0
2002	11	10,20	15,70	24,20	5,40	1,20	45,00	29,20	0,0
2002	12	7,30	11,90	16,40	3,30	-0,80	27,50	18,20	3,0
2003	1	3,90	10,10	19,00	-1,30	-6,30	17,10	23,40	19,0
2003	2	5,60	10,90	15,40	0,70	-8,00	72,10	29,50	13,0
2003	3	10,80	18,50	22,70	3,80	-1,50	30,50	74,10	4,0
2003	4	13,80	20,50	27,40	6,70	-1,90	25,50	98,80	2,0
2003	5	18,00	25,30	34,00	10,60	6,10	83,80	133,00	0,0
2003	6	25,40	33,50	38,40	17,70	12,70	5,80	167,10	0,0
2003	7	25,60	33,20	38,30	18,30	13,50	2,80	169,10	0,0
2003	8	26,70	35,20	38,70	18,80	13,80	57,30	155,90	0,0
2003	9	20,70	27,50	31,60	15,20	10,40	47,60	93,80	0,0
2003	10	15,00	20,80	33,90	10,20	1,30	107,10	52,30	0,0
2003	11	10,70	15,10	19,90	6,90	1,80	42,40	25,20	0,0
2003	12	5,60	10,40	16,50	1,50	-5,30	33,10	17,00	11,0
2004	1	5,60	11,80	19,60	0,00	-5,10	4,60	24,60	18,0
2004	2	5,00	9,20	16,10	1,10	-4,10	43,80	20,90	13,0
2004	3	8,10	15,20	22,60	1,40	-6,30	39,80	57,20	14,0
2004	4	11,60	17,90	25,50	5,60	0,10	77,40	79,50	0,0
2004	5	16,10	22,80	28,40	10,00	2,50	44,00	121,00	0,0
2004	6	22,90	31,10	37,10	15,30	10,40	9,00	160,30	0,0
2004	7	23,50	30,90	37,30	16,60	9,20	31,80	159,60	0,0
2004	8	24,20	31,50	36,80	17,50	10,30	14,50	144,60	0,0
2004	9	20,90	28,50	35,80	14,60	7,40	5,80	98,50	0,0
2004	10	16,50	23,90	32,70	10,10	4,10	23,00	66,60	0,0
2004	11	6,50	13,20	19,80	1,30	-5,20	4,20	28,00	9,0
2004	12	5,50	10,30	16,50	1,30	-6,50	35,30	17,20	13,0
2005	1	1,70	6,80	19,90	-2,40	-10,60	2,30	20,10	23,0
2005	2	3,30	11,20	17,30	-3,50	-8,70	6,20	37,10	23,0
2005	3	8,90	17,30	24,20	1,10	-7,50	9,20	73,80	13,0
2005	4	13,90	21,20	31,10	6,70	-0,50	8,80	107,70	1,0
2005	5	19,00	26,20	31,10	11,80	5,30	60,00	139,30	0,0
2005	6	23,70	31,70	36,90	16,20	13,10	19,90	156,60	0,0
2005	7	25,00	33,10	37,70	17,60	11,90	16,20	160,40	0,0
2005	8	22,40	30,10	33,20	15,90	8,20	37,20	127,70	0,0
2005	9	19,60	27,50	35,60	12,70	4,60	38,70	94,70	0,0
2005	10	15,90	21,90	27,40	10,80	2,80	82,00	52,90	0,0
2005	11	8,30	14,00	21,10	3,40	-4,20	41,70	27,80	6,0
2005	12	0,90	5,60	12,40	-2,70	-7,10	9,20	14,60	26,0
2006	1	4,10	8,40	14,80	0,40	-4,60	48,20	17,10	18,0
2006	2	4,30	10,40	17,80	-0,70	-5,30	5,10	31,20	19,0
2006	3	10,90	17,90	26,10	3,70	-4,20	6,80	73,00	5,0
2006	4	14,30	22,10	27,00	6,90	-0,80	13,00	102,60	1,0
2006	5	19,60	27,50	35,70	12,10	4,50	11,30	140,10	0,0

2006	6	23,10	31,20	35,80	15,40	6,10	16,70	152,30	0,0
2006	7	26,90	35,50	38,90	19,30	14,10	4,30	171,20	0,0
2006	8	22,20	30,60	34,20	13,90	9,60	10,00	140,50	0,0
2006	9	21,10	28,50	35,90	15,00	9,20	58,80	95,00	0,0
2006	10	17,20	23,80	30,60	11,80	7,40	38,00	61,50	0,0
2006	11	11,60	17,00	20,60	6,70	0,90	10,00	27,60	0,0
2006	12	3,30	7,00	20,70	0,20	-4,30	13,40	13,00	16,0
2007	1	4,10	8,90	18,00	0,60	-6,90	10,60	16,70	13,0
2007	2	7,70	14,60	21,50	1,70	-2,30	15,40	33,70	9,0
2007	3	9,80	17,40	25,40	2,20	-4,30	18,80	74,20	8,0
2007	4	14,00	20,40	28,10	8,20	3,30	120,60	80,70	0,0
2007	5	17,80	25,60	31,80	10,30	4,70	33,70	130,20	0,0
2007	6	22,30	29,80	34,10	15,30	7,70	19,90	148,60	0,0
2007	7	24,60	32,50	36,30	17,10	9,00	2,80	164,50	0,0
2007	8	23,50	31,40	40,40	16,40	10,90	10,70	136,20	0,0
2007	9	20,00	28,00	31,60	13,10	2,80	14,40	100,50	0,0
2007	10	14,80	22,00	29,20	9,20	2,40	35,60	61,30	0,0
2007	11	5,90	13,60	19,30	-0,10	-8,20	11,60	30,20	16,0
2007	12	4,40	10,00	18,20	-0,30	-8,20	2,60	20,00	14,0
2008	1	5,30	9,90	17,70	1,40	-5,50	20,20	17,30	10,0
2008	2	8,60	15,40	20,60	2,70	-1,60	9,20	36,20	9,0
2008	3	10,40	17,80	25,60	3,40	-1,80	4,00	75,20	6,0
2008	4	13,50	20,60	28,20	6,60	1,00	70,00	97,10	0,0
2008	5	16,90	22,80	30,30	12,00	8,70	110,20	106,70	0,0
2008	6	21,10	28,40	35,60	14,20	8,70	34,40	147,30	0,0
2008	7	24,40	31,70	36,40	17,70	11,60	26,70	159,50	0,0
2008	8	24,40	32,00	36,40	17,60	10,80	2,20	146,60	0,0
2008	9	19,50	26,30	32,50	13,50	7,10	38,80	94,40	0,0
2008	10	14,70	20,80	27,50	9,10	1,10	76,60	56,40	0,0
2008	11	6,80	12,30	19,10	2,20	-4,60	61,40	23,90	9,0
2008	12	4,30	8,50	16,60	0,80	-4,50	33,40	15,60	17,0
2009	1	4,50	8,50	18,50	0,70	-5,10	26,00	18,30	15,0
2009	2	6,70	13,20	16,50	1,10	-2,40	23,00	37,10	12,0
2009	3	9,60	17,20	23,00	2,70	-2,80	44,20	72,10	4,0
2009	4	12,20	18,40	26,10	6,40	3,70	115,00	89,30	0,0
2009	5	19,70	27,30	32,30	12,50	5,90	1,60	141,70	0,0
2009	6	23,50	31,40	37,30	15,80	10,60	15,60	162,20	0,0
2009	7	25,40	33,00	37,10	18,30	9,70	14,60	176,40	0,0
2009	8	25,40	33,20	38,10	18,60	13,20	40,50	151,30	0,0
2009	9	20,40	28,00	33,50	13,90	9,80	25,20	105,20	0,0
2009	10	15,70	23,00	31,40	9,50	0,10	44,80	68,70	0,0
2009	11	10,20	17,60	26,40	4,30	-3,00	3,60	39,00	3,0
2009	12	5,50	10,30	17,80	1,20	-9,40	51,40	19,10	11,0
2010	1	4,90	9,30	15,10	0,90	-5,70	66,40	21,30	15,0
2010	2	5,90	12,10	18,10	0,00	-7,30	22,00	35,10	11,0
2010	3	8,70	4,60	18,80	-0,10	-5,20	48,40	67,00	25,0

2010	4	13,50	0,00	0,00	0,00	0,00	32,20	97,10	30,0
2010	5	16,00	0,00	0,00	0,00	0,00	56,80	130,80	31,0
2010	6	20,80	0,00	0,00	0,00	0,00	35,80	149,60	30,0
2010	7	26,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	175,90	31,0
2010	8	23,80	0,00	0,00	0,00	0,00	21,80	150,70	31,0
2010	9	19,50	0,00	0,00	0,00	0,00	52,20	102,90	30,0
2010	10	13,90	0,00	0,00	0,00	0,00	62,60	65,60	31,0
2010	11	7,50	0,00	0,00	0,00	0,00	19,80	32,60	30,0
2010	12	4,30	0,00	0,00	0,00	0,00	15,40	19,40	30,0

Comparativa entre les temperatures enregistrades a la parcel·la d'assaig i les de l'estació de Vallfogona (mínimes negatives)

	Assaig	Vallfogona	
	T min	T min	Assaig - Vallfogona
nov-08			
	15	-1	-0,5
	16	-1	-0,5
	26	-4,5	0,1
	27	-5	-1,1
	29	-3	-1
	30	-1	-0,8
Des-08			
	2	-2	-0,1
	3	-3,5	-1,4
	4	-3	-1,5
	11	-5	-0,5
	12	-4	-1,8
	15	-2,5	-1,7
	17	-2,5	-0,6
	18	-3	-1
	19	-3	-1,6
	20	-2	-1,6
	23	-1	0,5
Gen-09			
	5	-3	-1,9
	7	-4,5	-0,3
	8	-6	-0,9
	14	-1	0
	15	-3	-1,6
	16	-4	-0,7
	17	-2	-0,6
	21	-5	-1,2
	22	-4	-2,2
	25	-1	-2
	27	-1,5	-0,6
	28	-3	-1,5
	29	-2	-2,6
feb-09			
	8	-1,5	-2,1
	12	-2	-1,2
	13	-3	-1,1
	14	-3,5	-1,1
	18	-3	-1,6
	19	-2	-1,2
	21	-1	-0,6
	22	-3	-1,6
	26	-2	-1,8
	27	-2	-1,3
mar-09			
	7	-4	-1,2
	25	-1,5	-0,1